

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**ARGAMASSAS AUTONIVELANTES INDUSTRIALIZADAS PARA
CONTRAPISO: ANÁLISE DO DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO
FRENTE ÀS ARGAMASSAS DOSADAS EM OBRA**

Ariane Prevedello Rubin

Orientadoras: Angela Borges Masuero e Denise Carpena Coitinho Dal Molin

Porto Alegre
2015

Ariane Prevedello Rubin

**ARGAMASSAS AUTONIVELANTES INDUSTRIALIZADAS PARA
CONTRAPISO: ANÁLISE DO DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO
FRENTE ÀS ARGAMASSAS DOSADAS EM OBRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia na modalidade Acadêmico. Orientação: Prof.^a Angela Borges Masuero e Prof.^a Denise Carpena Coitinho Dal Molin

Porto alegre
2015

Ficha Catalográfica

R896a Rubin, Ariane Prevedello

Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso : análise do desempenho físico-mecânico frente às argamassas dosadas em obra / Ariane Prevedello Rubin. – 2015.

1 vol. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2015.

Orientadoras: Angela Borges Masuero e Denise Carpena Coitinho Dal Molin.

1. Argamassa autonivelante. 2. Contrapiso. 3. Propriedades mecânicas. I. Masuero, Angela Borges, orient. II. Dal Molin, Denise Carpena Coitinho, orient. III. Título.

CDU: 691.53(043)

ARIANE PREVEDELLO RUBIN

**ARGAMASSAS AUTONIVELANTES INDUSTRIALIZADAS PARA
CONTRAPISO: ANÁLISE DO DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO
FRENTE ÀS ARGAMASSAS DOSADAS EM OBRA**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de Construção Civil, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 14 de maio de 2015

Prof.^a. Angela Borges Masuero
Dra. pela UFRGS
Orientadora

Prof.^a. Denise Carpena Coitinho Dal Molin
Dra. pela USP
Orientadora

Prof. Dr. Armando Miguel Awruch
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marienne do Rocio de Mello Maron da Costa (UFPR)
Dr. pela USP

Prof. Fernando Antônio Piazza Recena (PUC/CIENTEC)
Dr. pela UFRGS

Prof. Ana Paula Kirchheim (UFRGS)
Dr. pela UFRGS

Dedico este trabalho aos meus pais, Eliana e Sérgio,
por me ensinarem desde pequena
a importância da educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar sempre pelo melhor caminho, mesmo quando este, não estava nos meus planos, e principalmente, por me dar forças pra não desistir e continuar a caminhada.

Aos meus pais, Eliana e Sérgio, e minha irmã Laura, por todo o amor, educação, apoio, incentivo e força pra que eu nunca desistisse dos meus sonhos e, acima de tudo, acreditasse em mim, ao longo desta vida. Amo vocês incondicionalmente!

Ao Luís Felipe, pela paciência, amor e incentivo, em todos os momentos que compartilhou comigo.

Agradeço, imensamente, os professores do NORIE, que durante esta jornada me fizeram crescer não só como pessoa, mas profissionalmente, pelo conhecimento transmitido. Ao prof^o Bonin pelos (sempre) sábios conselhos e ao prof^o João e a prof^a Ana Paula pelos ensinamentos. E, principalmente, às minhas (inspiradoras) orientadoras prof^{as} Angela Masuero e Denise Dal Molin, pela confiança e paciência, durante todos os "percalços" que apareceram no caminho, dedicação e orientação (inclusive nos corredores). Obrigada pelo apoio sempre!

Ao NORIE e ao PPGEC, que me concederam a oportunidade de conhecer minha 2^a família, que se não de sangue, mas de coração: À Rafaela S. pela companhia, desde o início desta jornada, de Santa Maria à Porto Alegre. À Natália (e ao Fábio) pelo apoio constante, principalmente nos inúmeros finais de semana no laboratório, pelas pizzas de domingo e amizade. À Gabriela, querida amiga, por me ouvir e compartilhar comigo todas as angústias e dúvidas profissionais durante toda essa caminhada. Ao Márton (sobrevivente da salinha do GMAT) pelos "puxões de orelha", paciência, (ouvidos) e apoio. À Cris (minha "co-orientadora de plantão"), pela ajuda, paciência e inúmeros "assessoramentos". Às meninas da sala de materiais, pela grande amizade, paciência e infinitas tardes de conversas, trabalhos, risadas no "grupo de quinta", companhias na fila do "RU", chimarrões, churrascos e "abraços coletivos": Rafaela S., Maria Fernanda, Ana Paula, Gabriela, Natália, Carina, Cris, Ju, Lais, Fernanda, Silvia, Carolzinha e Muriel. Aos meninos e amigos Anderson, Mauro e Daniel. E ainda, ao restante da minha inesquecível (e pra sempre) turma de

Mestrado: Camila, Rafaela B., Gabriela R., Fernanda, Rodrigo e Anile. Obrigada por terem me acolhido!

A melhor (e mais qualificada) equipe de laboratório que o LAMTAC já viu!: Ana Paula, Maria Fernanda, Bruno M., Elias, Gilmar e Demetrius. Vocês sem dúvida fizeram meus (infinitos) dias de laboratório muito menos cansativos e mais divertidos. Obrigada também, pela amizade, dedicação, e paciência (por aguentarem minhas mudanças de humor). Sem a ajuda de vocês este trabalho não teria chegado ao fim. Meu "MUITÍSSIMO OBRIGADA", não bastaria!

Aos demais bolsistas envolvidos, que de uma forma ou de outra, me ajudaram na concretização deste sonho: Francine, Luiz Gustavo (nêne), Bruno S., Rafael, Carol, Jéssica e David. Aos laboratoristas, Airton, Gilmar e Demetrius, mais uma vez, as funcionárias do NORIE, Michele e Rose, e ainda as funcionárias do PPGEC, Carmem e Ana. Obrigada pelo apoio e auxílio, sempre!

As minhas eternas amigas, irmãs de coração, Juliana, Kamila e Mileidi. Que mesmo estando longe, sempre me acompanharam e torceram por mim, durante todas as etapas da minha vida, da "escolhinha da Profª Maristela" até os dias de hoje. Amo vocês!

Aos "amigos ignorantes", pelos inúmeros (e inesquecíveis) verões compartilhados, churrascos, festas e risadas. Vocês tornam a vida mais leve!

As meninas do apartamento 902, Bruna, Adriana e Victória, por me acolherem em Porto Alegre e compartilharem comigo incessantes tardes e noites de estudos. Obrigada pela amizade.

À CAPES e ao CNPQ, pela bolsa de estudo e ao auxílio financeiro dos meus pais, que possibilitaram minha total dedicação a esta pesquisa e para alcançar este título.

À Votorantim, pela doação do cimento utilizado nesta pesquisa e as demais empresas, pela doação das argamassas.

À todos, que de alguma forma ou de outra, contribuíram para a realização e concretização deste sonho! Muito Obrigada!

“Se seus sonhos são pequenos então sua visão será pequena, suas metas serão limitadas, seus alvos serão diminutos, sua estrada será estreita e sua capacidade de suportar as tormentas será frágil.”

(Augusto Cury)

RESUMO

RUBIN, Ariane P. **Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso: Análise do desempenho físico-mecânico frente às argamassas dosadas em obra.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS - Porto Alegre, 2015.

Devido à industrialização e à modernização dos sistemas construtivos, a busca por produtividade e otimização de prazos nos canteiros de obras está cada dia mais presente no setor da construção civil. A argamassa autonivelante para contrapiso, também conhecida como revestimento contínuo, é um material já conhecido em muitos países da Europa, Estados Unidos e América Latina, com forte tendência de implementação no Brasil. A principal característica é sua elevada fluidez, que permite que o material se auto adense no pavimento aplicado, sob ação da gravidade e da própria capacidade de fluxo, oferecendo alta planicidade, aumentando a produtividade e o controle de qualidade do sistema. Entretanto, algumas manifestações patológicas neste material, como segregação da mistura, falta de aderência, exsudação, fissuras, dentre outras, estão sendo relatadas em obras no Brasil, por empresas e usuários do produto. O presente trabalho buscou então analisar, a partir de avaliações laboratoriais, o desempenho físico-mecânico de argamassas autonivelantes industrializadas brasileiras para contrapiso e seu comportamento em relação aos convencionais métodos de execução com argamassa dosada em obra, do tipo "farofa", frente a ensaios no estado fresco e endurecido. Para tal, foi realizado um levantamento em obras da cidade de Porto Alegre para elencar quais os traços de argamassa para contrapiso estão sendo empregados na construção civil local. Os resultados apontaram, após realização dos ensaios, que as argamassas industrializadas autonivelantes brasileiras estão oferecendo propriedades mecânicas mais satisfatórias do que as especificadas em norma, para o uso de argamassas de contrapiso do tipo "farofa" com traço 1:6 (NBR 13753, (ABNT, 1996)). Entretanto, com desempenho inferior ao que está sendo executado atualmente nas obras da cidade de Porto Alegre, com a utilização da argamassa "farofa" de traço 1:3, requerendo, ainda, algumas melhorias em suas propriedades.

Palavras-chave: argamassa autonivelante, argamassa de contrapiso, argamassa dosada em obra, contrapiso.

ABSTRACT

RUBIN, Ariane P. **Industrialized self-levelling mortars for subfloor: Analysis of physical and mechanical performance in comparison with dosed mortars.** Master's Thesis. Graduate Program in Civil Engineering, UFRGS - Porto Alegre, 2015.

Due to the industrialization and modernization of building systems, the search for productivity and time optimization at construction sites is becoming more present in the construction sector. The self-leveling mortar for subfloor, also known as continuous coating, is a material used in many countries in Europe, USA and Latin America, with strong implementation trend in Brazil. The main feature is its high fluidity, which allows the material to bind when applied under the action of gravity and its own flow capacity, providing high flatness and floor leveling, increasing productivity and quality control. However, some pathological manifestations in this material, as segregation of the mixture, lack of adhesion, bleeding, cracks, among others, are being reported in Brazil, by companies and users of this product. Based on laboratory evaluations this research seeks to analyze the physical-mechanical performance of self-levelling mortars for subfloors compared to traditional methods of mortar implementation, in the fresh and hardened state. For this, a survey was conducted in the building site of the city of Porto Alegre, to find out which mortar proportioning are being employed in the local construction industry. The results showed, after carrying out the tests, the Brazilian self-leveling industrial mortars for subfloors, are offering more satisfactory mechanical properties than those specified in Brazilian standard for the use of subfloors mortars with mix proportion 1:6 (NBR 13753 (ABNT, 1996)). However, the studied mortars presented low performance in relation with 1:3 mortar proportion, the most used in Porto Alegre construction sites, requiring improvements on their properties.

Keywords: self-levelling mortar, subfloor mortar, dosed mortar at construction sites, subfloor.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	17
LISTA DE SIGLAS.....	20
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	21
1 INTRODUÇÃO	22
1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA	23
1.2 OBJETIVOS.....	24
1.2.1 Objetivos Específicos.....	24
1.3 HIPÓTESES.....	25
1.4 DELIMITAÇÕES	25
1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA	26
2 SISTEMA DE PISO E CONTRAPISO	27
2.1 ARGAMASSA AUTONIVELANTE	29
2.1.1 Histórico	30
2.1.2 Fornecimento.....	31
2.1.3 Bombeamento	32
2.1.4 Utilização.....	33
2.1.5 Execução.....	35
2.1.6 Vantagens e desvantagens do uso	42
2.1.7 Parâmetros reológicos	45
2.1.8 Materiais constituintes e seus efeitos nas propriedades reológicas da argamassa.....	47
2.1.9 Manifestações patológicas	52
2.1.10 Prescrições Normativas	55
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	60
3.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	60

3.1.1	Levantamento e coleta de dados.....	62
3.1.2	Determinação das variáveis de resposta	63
3.1.3	Determinação dos fatores controláveis.....	64
3.1.4	Determinação da matriz experimental	66
3.2	MATERIAIS UTILIZADOS.....	68
3.2.1	Cimento.....	68
3.2.2	Agregados	69
3.2.2.1	Agregado miúdo.....	69
3.2.2.2	Agregado graúdo	70
3.2.3	Água.....	71
3.2.4	Argamassas autonivelantes	71
3.3	PRODUÇÃO DO CONCRETO EMPREGADO COMO SUBSTRATO	73
3.3.1	Dosagem do concreto.....	73
3.3.2	Moldagem das placas e corpos-de-prova de concreto.....	75
3.3.3	Preparo das placas de concreto	76
3.4	PRODUÇÃO, MOLDAGEM E APLICAÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	79
3.4.1	Produção das argamassas.....	79
3.4.2	Moldagem dos corpos-de-prova e aplicação das argamassas	81
3.5	MÉTODOS DE ENSAIOS.....	84
3.5.1	Ensaio de caracterização e controle do concreto.....	84
3.5.2	Ensaio de caracterização e controle das argamassas.....	85
3.5.2.1	Ensaio no estado fresco	86
3.5.2.2	Ensaio no estado endurecido	92
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	97
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO.....	97
4.1.1	Abatimento	97
4.1.2	Resistência à compressão	98
4.1.3	Absorção de água por capilaridade	98
4.2	CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS	99
4.2.1	Caracterização no estado fresco	100
4.2.1.1	Tempo de fluxo (Funil V) e consistência (Mini Slump-test).....	100
4.2.1.2	Retenção de fluxo	102
4.2.1.1	Tempo de pega por calorimetria.....	105
4.2.1.2	Reometria rotacional	107

4.2.1.3	Exsudação	109
4.2.1.4	Densidade de massa e teor de ar aprisionado no estado fresco	110
4.2.2	Caracterização no estado endurecido	113
4.2.2.1	Resistência à compressão simples.....	113
4.2.2.1	Resistência à tração por compressão diametral.....	121
4.2.2.1	Densidade de massa aparente no estado endurecido	126
4.2.2.2	Módulo de elasticidade dinâmico.....	128
4.2.2.3	Absorção de água por capilaridade	130
4.2.2.4	Resistência de aderência à tração.....	133
4.2.2.5	Dureza superficial	143
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	148
5.1	CONCLUSÕES	148
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	151
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos.	27
Figura 2 - (a) Aplicação da argamassa de contrapiso dosada em obra; (b) Aplicação da argamassa de contrapiso autonivelante.	30
Figura 3 - (a) Silo com misturador acoplado; (b) Compressor de ar e silo de recebimento (sem misturador acoplado); (c) Equipamento receptor e misturador da argamassa.	33
Figura 4 - (a) Área de estacionamento pronta para receber o contrapiso autonivelante industrial; (b) Área de estacionamento com o contrapiso autonivelante industrial aplicado.....	34
Figura 5 - (a) Pavimento com colocação de manta acústica, para receber contrapiso autonivelante; (b) Pavimento com aplicação de contrapiso autonivelante, sobre manta acústica.....	34
Figura 6 - (a) Máquina fresadora. (b) Aparência da laje após fresamento.	35
Figura 7 - (a) Aplicação do primer na laje. (b) Aparência da laje após fresamento e aplicação de "primer".	36
Figura 8 - Umedecimento da laje.	37
Figura 9 - (a) Colocação de juntas no perímetro do ambiente. (b) Colocação de barreiras nas portas;.....	37
Figura 10 - (a) Lançamento da argamassa autonivelante; (b) Esquema de aplicação da argamassa no ambiente;	38
Figura 11 - (a) Argamassa autonivelante sendo preparada em recipiente menor; (b) Argamassa autonivelante sendo lançada manualmente.....	38
Figura 12 - (a) Rodo nivelador; (b) Rodo nivelador sendo aplicado em contrapiso de argamassa autonivelante.	39
Figura 13 - (a) Tripé de referência; (b) Tripé de nivelamento a laser; (c) Transferência de nível para os tripés;	40
Figura 14 - (a) rolo quebra bolhas sendo aplicado na argamassa autonivelante; (b) rolo dentado sendo aplicado na argamassa	40
Figura 15 - (a) Régua "T" utilizada para o acabamento da argamassa; (b) Acabamento do contrapiso sendo realizado com a régua "T".	41
Figura 16 - (a) Cura do contrapiso com cobrimento e umedecimento superficial; (b) Cura do contrapiso ao ar livre.	41
Figura 17 - (a) Argamassa autonivelante sendo aplicada (com espátula) sobre piso cerâmico; (b) Aplicação de argamassa autonivelante sobre revestimento de madeira.	44
Figura 18 - (a) Exsudação da argamassa autonivelante depois de seca; (b) Exsudação da argamassa autonivelante ainda em estado fluído.....	52

Figura 19 - Aparecimento de manchas, por excesso de água de amassamento.....	53
Figura 20 - (a) Esfarelamento do contrapiso, com acúmulo de pó superficial; (b) Fragilidade superficial apresentada no contrapiso de argamassa autonivelante.	53
Figura 21 - (a) Fissuras por dessecação superficial do contrapiso autonivelante; (b) Fissuras encontradas em contrapiso de argamassa autonivelante.	54
Figura 22 - (a) Contrapiso removido com espessura excessiva (8cm); (b) Contrapiso com camadas exsudadas.	54
Figura 23 - Presença excessiva de bolhas superficiais, comprometendo o acabamento do contrapiso.	55
Figura 24 - (a) Deficiência de limpeza do substrato; (b) Desplacamento do contrapiso autonivelante.....	55
Figura 25 - Etapas do Programa Experimental	60
Figura 26 - Métodos utilizados para execução de contrapisos na cidade de Porto Alegre. ..	62
Figura 27 - Matriz Experimental do estudo proposto.	67
Figura 28 - Diagrama de dosagem para os materiais utilizados na pesquisa	74
Figura 29 - (a) cp's prismáticos moldados; (b) cp's cilíndricos moldados; (c) totalidade de cp's moldados por betonada de concreto.	76
Figura 30 - Placas de concreto utilizadas como substrato: (a) Lavagem da placa de concreto; (b) aspecto das placas após secagem	76
Figura 31 - Placa de concreto com o gabarito de madeira: (a) aspecto do conjunto; (b) aplicação do silicone entre o gabarito e a placa de concreto.....	77
Figura 32 - (a) Superfície da placa de concreto umidecida; (b) peneiramento de cimento sob a placa de concreto; (c) escovação do cimento peneirado na superfície	78
Figura 33 - (a) Aplicação de primer no substrato de concreto; (b) Textura final da placa de concreto, após tratamento superficial, para aplicação da argamassa do Fabricante 3.	79
Figura 34 - Diagrama de inchamento do agregado miúdo utilizado nesta pesquisa	80
Figura 35 - (a) Argamassadeira utilizada para preparo das argamassa "farofas"; (b) Hélice utilizada para a mistura das argamassas autonivelantes; (c) Mistura da argamassa autonivelante.....	81
Figura 36 - (a) e (b) Corpos-de-provas apresentando segregação entre as camadas (flechas amarelas) e acabamento irregular (flechas vermelhas)	82
Figura 37 - (a) Enchimento dos moldes com argamassa farofa ; (b) pilão de madeira confeccionado; (c) apiloamento da argamassa farofa sob a placa de concreto; (d) desempenho da argamassa farofa.....	83
Figura 38 - (a) Gabarito de madeira utilizado para controle da altura de queda da argamassa (b) aplicação da argamassa autonivelante sobre as placas de concreto	83

Figura 39 - Resumo dos ensaios de caracterização e controle do concreto.....	84
Figura 40 - Resumo dos ensaios de caracterização e controle das argamassas no estado fresco.....	85
Figura 41 - Resumo dos ensaios de caracterização e controle das argamassas no estado endurecido.....	86
Figura 42 - (a) Mini Slump-test; (b) Mini Funil-V.....	87
Figura 43 - Equipamento indicado pela ASTM C1708 (2012) para a realização do o ensaio de retenção de fluxo.....	88
Figura 44 - Determinação dos tempos de início e fim de pega pelo traçado das curvas de fluxo de calor.....	89
Figura 45 - Aparelhagem utilizada para a reometria rotacional (a) Reômetro do modelo Brookfield R/S plus; (b) palheta do tipo vane V (30x15mm).....	90
Figura 46 - Rotina utilizada no reômetro.....	90
Figura 47 - Molde adaptado para o ensaio de exsudação.....	91
Figura 48 - Esquema de extração dos cp's nas placas de concreto, para o ensaio de aderência (medidas em cm).....	94
Figura 49 – Representação esquemática da câmara de aquecimento utilizada por Moura (2007).	95
Figura 50 - Absorção capilar do concreto empregado na confecção dos substratos.....	99
Figura 51 - Retenção de fluxo das argamassa autonivelantes ao longo do tempo.....	103
Figura 52 - Curvas de fluxo de calor gerado pelas argamassas analisadas.....	105
Figura 53 - Análise reológica das argamassas por reometria rotacional: tensão x taxa de cisalhamento.....	107
Figura 54 - Ensaio de reometria sendo realizado: (a) Argamassa F1; (b) Argamassa F2; (c) Argamassa F3 (demonstrando o efeito de parede, aliado ao rápido enrijecimento do material).....	108
Figura 55 - Análise reológica das argamassas por reometria rotacional: viscosidade x taxa de cisalhamento.....	109
Figura 56 - Densidade de massa média das argamassas analisadas.....	111
Figura 57 - Valores médios de resistência à compressão das argamassas estudadas.....	114
Figura 58 - (a) Efeito isolado do tipo de argamassa utilizada na resistência à compressão; (b) Efeito isolado da idade de ruptura na resistência à compressão.....	115
Figura 59 - Efeito da interação entre o tipo de argamassa e a idade de ruptura sobre a resistência à compressão. (a) Resistência à compressão (MPa) x tipo de argamassa; (b) Resistência à compressão (MPa) x idade de ruptura.....	116

Figura 60 - (a) Efeito isolado do tipo de argamassa utilizada na resistência à compressão; (b) Efeito isolado do tipo de cura na resistência à compressão.	119
Figura 61 - Efeito da interação entre o tipo de argamassa e a idade de ruptura sobre a resistência à compressão. (a) Resistência à compressão (MPa) x tipo de argamassa; (b) Resistência à compressão (MPa) x tipo de cura	120
Figura 62 - Resistência à tração por compressão diametral das argamassas analisadas ao longo da idade	122
Figura 63 - (a) Efeito isolado do tipo de argamassa utilizada na resistência à tração por compressão diametral; (b) Efeito isolado da idade de ruptura na resistência à tração por compressão diametral.....	123
Figura 64 - Efeito da interação entre o tipo de argamassa e a idade de ruptura sobre a resistência à tração por compressão diametral: (a) Resistência à tração (MPa) x tipo de argamassa; (b) Resistência à tração (MPa) x idade de ruptura.	124
Figura 65 - Densidades médias de massa aparente das argamassas analisadas aos 28 dias	126
Figura 66 - Módulo de elasticidade dinâmico dos diferentes tipos de argamassas analisadas	128
Figura 67 - Coeficiente médio de capilaridade das argamassas analisadas.....	131
Figura 68 - Problemas com a cola epóxi. (a) Falta de ancoragem entre a pastilha e a argamassa. (b) Extração equivocada do corpo-de-prova.	133
Figura 69 - Novo esquema de extração dos cp's (vermelho) nas placas de concreto, para o ensaio de aderência (medidas em cm).....	134
Figura 70 - Aderência à tração média das argamassas analisadas	137
Figura 71 - (a) Efeito isolado do tipo de argamassa utilizada na resistência de aderência à tração; (b) Efeito isolado do tipo de cura na resistência de aderência à tração	138
Figura 72 - Efeito da interação entre o tipo de argamassa e o tipo de cura sobre a resistência de aderência à tração: (a) Resistência de aderência à tração (MPa) x tipo de argamassa; (b) Resistência de aderência à tração (MPa) x tipo de cura.	138
Figura 73 - Deslocamento total entre a argamassa F3 (flecha amarela) com cura controlada, e o substrato utilizado (flecha vermelha).....	139
Figura 74 - Dureza superficial média das argamassas analisadas com cura controlada e com ciclos de aquecimento.....	143
Figura 75 - (a) Efeito isolado do tipo de argamassa utilizada na dureza superficial; (b) Efeito isolado do tipo de cura na dureza superficial da argamassa	144

Figura 76 - Efeito da interação entre o tipo de argamassa e o tipo de cura sobre a dureza superficial do contrapiso. (a) Dureza superficial (IE) x tipo de argamassa; (b) Dureza superficial (IE) x tipo de cura. 145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tabela comparativa das formas de fornecimento entre argamassas autonivelantes e argamassa dosada em obra.....	32
Tabela 2 - Pastas autonivelantes e ensaios aplicáveis para cada tipo	56
Tabela 3 - Requisitos de desempenho para pisos cimentícios autonivelantes modificados com polímeros	58
Tabela 4 - Idade, número e dimensão de corpos-de-prova por ensaio do concreto utilizado para a confecção das placas do substrato (no estado endurecido)	68
Tabela 5 - Idade, número e dimensão de corpos-de-prova de argamassa por ensaio (no estado endurecido)	68
Tabela 6 - Caracterização do cimento CP IV utilizado	69
Tabela 7 - Caracterização física do agregado miúdo.	70
Tabela 8 - Caracterização física do agregado graúdo.....	71
Tabela 9 - Caracterização química das argamassas autonivelantes utilizadas	72
Tabela 10- Caracterização física das argamassa autonivelantes utilizadas	73
Tabela 11 - Proporcionamento do concreto obtido pelo método de Helene e Terzian (1992)	74
Tabela 12 - Proporcionamento utilizado para confecção dos substratos de concreto	75
Tabela 13 - Massa unitária dos materiais utilizados para a dosagem dos traços das argamassas "farofas"	80
Tabela 14 - Proporcionamento utilizado para confecção das argamassas "farofas".....	80
Tabela 15 - Proporcionamento utilizado para o preparo das argamassas autonivelantes	81
Tabela 16 - Ciclos térmicos desenvolvidos em estudo por Moura (2007).....	95
Tabela 17 - Abatimento médio dos substratos de concreto utilizados nesta pesquisa	97
Tabela 18 - Resistência à compressão média dos substratos de concreto aos 21 dias utilizados nesta pesquisa	98
Tabela 19 - Absorção capilar média dos substratos de concreto aos 21 dias utilizados nesta pesquisa.....	98
Tabela 20 - Valores obtidos no ensaio de fluxo (funil-v) e consistência (mini slump test) para as argamassas autonivelantes	100
Tabela 21 - Análise de variância dos resultados de tempo de fluxo das argamassas autonivelantes.....	100
Tabela 22 - Resultados do Teste de Fischer para o tempo de fluxo das argamassas autonivelantes.....	101

Tabela 23 - Análise de variância dos resultados de consistência das argamassas autonivelantes.....	101
Tabela 24 - Resultados do Teste de Fischer para a consistência das argamassas autonivelantes.....	101
Tabela 25 - Retenção de fluxo das argamassa autonivelantes	103
Tabela 26 - Tempo de início e fim de pega das argamassas analisadas	105
Tabela 27 - Valores médios obtidos para o ensaio de exsudação das argamassas.....	110
Tabela 28 - Densidade de massa e teor de ar aprisionado das argamassas analisadas....	111
Tabela 29 - Análise de variância da densidade de massa das argamassas analisadas	111
Tabela 30 - Resultados do Teste de Fischer para a densidade de massa das argamassas analisadas.....	112
Tabela 31 - Resistência à compressão das argamassas ao longo do tempo	113
Tabela 32 - Análise de variância das resistência à compressão das argamassas analisadas	114
Tabela 33 - Resultados do Teste de Fischer para a resistência à compressão das argamassas analisadas.....	117
Tabela 34 - Análise de variância das resistência à compressão com diferentes curas das argamassas analisadas.....	118
Tabela 35 - Resultados do Teste de Fischer para a resistência à compressão das argamassas analisadas com efeito do tipo de cura	120
Tabela 36 - Resistência à tração por compressão diametral das argamassas ao longo do tempo.....	122
Tabela 37 - Análise de variância das resistência à tração por compressão diametral das argamassas analisadas.....	123
Tabela 38 - Teste de Fischer para a resistência à compressão das argamassas analisadas	124
Tabela 39 - Densidade de massa aparente média no estado endurecido aos 28 dias das argamassas analisadas.....	126
Tabela 40 - Análise de variância da densidade de massa das argamassas analisadas	126
Tabela 41 - Resultados do Teste de Fischer para a densidade de massa no estado endurecido das argamassas analisadas	127
Tabela 42 - Resultados do módulo de elasticidade dinâmico das argamassas analisadas	128
Tabela 43 - Análise de variância do módulo de elasticidade das argamassas analisadas .	129
Tabela 44 - Teste de Fischer para o módulo de elasticidade das argamassas analisadas.	129
Tabela 45 - Absorção de água por capilaridade média das argamassas analisadas aos 28 dias	130

Tabela 46 - Análise de variância da absorção de água por capilaridade.....	131
Tabela 47 - Teste de Fischer para a absorção de água por capilaridade	131
Tabela 48 - Resistência de aderência à tração da argamassa 1:3 aos 56 dias	134
Tabela 49 - Resistência de aderência à tração da argamassa 1:6 aos 56 dias	135
Tabela 50 - Resistência de aderência à tração da argamassa F1 aos 56 dias.....	135
Tabela 51 - Resistência de aderência à tração da argamassa F2 aos 56 dias.....	136
Tabela 52 - Resistência de aderência à tração da argamassa F3 aos 56 dias.....	136
Tabela 53 - Análise de variância da resistência de aderência tração das argamassas analizadas.....	137
Tabela 54 - Resultados do Teste de Fischer para a resistência de aderência à tração das argamassas analisadas.....	139
Tabela 55 - Porcentagem de incidência dos valores do ensaio de aderência quanto à resistência e forma de ruptura.....	141
Tabela 56 - Dureza superficial média das argamassas analisadas	143
Tabela 57 - Análise de variância da dureza superficial das argamassas analisadas.....	144
Tabela 58 - Teste de Fischer para a da dureza superficial das argamassas analisadas	145
Tabela 59 - Tabela geral dos resultados obtidos em todos os ensaios realizados nesta pesquisa.....	149

LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM: American Society for Testing and Materials

EFNARC: European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems.

LAMTAC: Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído

LACER: Laboratório de Materiais Cerâmicos/UFRGS

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PPGEC: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFRGS

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Argamassa 1:3: argamassa do tipo "farofa", de traço 1:3

Argamassa 1:6: argamassa do tipo "farofa", de traço 1:6

Argamassa F1: argamassa autonivelante, fabricante 1

Argamassa F2: argamassa autonivelante, fabricante 2

Argamassa F3: argamassa autonivelante, fabricante 3

a/c : relação água/cimento

cp's: corpos-de-prova

CP IV 32: Cimento Portland Pozolânico 32

1 INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias construtivas que otimizam prazos e aumentam a produtividade nos canteiros de obras vem se tornando cada dia mais presentes na construção civil. As empresas fabricantes vêm adequando seus produtos, com os materiais disponíveis hoje no mercado, procurando viabilizar o uso dessas tecnologias, em busca de novas soluções e condições técnico-econômicas que venham ao encontro dessas novas necessidades.

Neste contexto, a argamassa autonivelante também conhecida como argamassa autoadensável, ou ainda, revestimento contínuo, já é uma inovação que vem sendo utilizada em construções de muitos países na Europa, Estados Unidos e América Latina. Entretanto, no Brasil, essa argamassa só começou a ser estudada por empresas e pesquisadores no início do ano de 2008 (MARTINS, 2009).

A argamassa autonivelante é um produto formulado basicamente a partir de cimento, areia com granulometria selecionada, água e aditivos químicos. Sua principal característica é a elevada fluidez, que permite preencher os espaços vazios e se auto adense no local aplicado, apenas sob o efeito da gravidade e de sua capacidade de fluxo. A argamassa proporciona um melhor espalhamento na área desejada, minimizando os defeitos que possam ser provenientes de falhas de aplicação ou ainda de técnicas inadequadas de moldagem (MARTINS, 2009).

Devido à industrialização e à modernização dos sistemas construtivos, esse produto se insere no setor da construção, com a promessa de reabilitar, regularizar e nivelar contrapisos novos e antigos, substituindo os convencionais métodos de execução, feitos com argamassa dosada em obra. Garantem ainda reduzir custos com mão-de-obra, prazos e transporte de materiais até os pavimentos da edificação em que está sendo aplicada, além de oferecer alta planicidade, aumento da produtividade e qualidade superior a das argamassas convencionais (HOUANG, 2013 e GUGELMIN, 2013).

Contudo, o desconhecimento dessa nova tecnologia e o fato de não ter suas propriedades normatizadas ainda são os maiores fatores que impedem a disseminação do produto em larga escala no Brasil. Apesar de já ser empregada em obras fora do país, o entendimento

do comportamento mecânico dessas argamassas se faz necessário, principalmente nos produtos que estão sendo lançados no mercado, já que muitas manifestações patológicas com o material, como problemas de segregação, fissuras, retração e falta de aderência, estão sendo relatadas por empresas usuárias do produto (GOMES; GONÇALVES, 2013).

Assim, o presente trabalho propõe analisar como essas argamassas que estão sendo lançadas comercialmente no país, se comportam do ponto de vista mecânico, frente aos atuais métodos de execução de contrapiso, com argamassa dosada em obra. Acredita-se que por apresentar características específicas para que sua fluidez e propriedades sejam atingidas, o material requer que estudos mais detalhados sejam realizados, afim de evitar o surgimento de manifestações patológicas e para que normas brasileiras específicas sejam criadas, para padronizar o uso e propriedades desse novo produto.

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA

Por ser um material já conhecido e bastante utilizado fora do país e com forte tendência de implementação no mercado brasileiro da construção civil, o entendimento das propriedades e desempenho em uso das argamassas autonivelantes se torna de elevada importância, não só para o meio científico, mas para o meio técnico que irá ou que pretende fazer uso desse produto na construção civil. Observa-se, que especialmente no Brasil, há uma carência de pesquisas e estudos bibliográficos sobre o comportamento e propriedades dessas argamassas, e muito dos estudos que se tem hoje, tratam somente de concretos autoadensáveis.

O que as empresas vem utilizando hoje para avaliar as argamassas autonivelantes, são métodos baseados em prescrições de outros países, cujos produtos são desenvolvidos com materiais diferentes dos nossos, ou seja, "importam a tecnologia" mas não os materiais que são utilizados. Gomes e Gonçalves (2013) ainda complementam que um maior entendimento, tanto em relação ao comportamento, propriedades e compostos dessas argamassas, se faz necessário, uma vez que os equipamentos e procedimentos de dosagens ainda não foram normatizados no Brasil.

As pesquisas brasileiras encontradas e realizadas na área até o momento tratam em sua maioria de testes em pastas autonivelantes dosadas em laboratório (MARTINS, 2009), de testes em traços de argamassa autonivelante dosada em obra (SOUZA, 2013), de estudos sobre utilização de ligantes alternativos em argamassas autonivelantes (SCHAEFER, 2013) e ainda, alguns estudos menores, sobre o uso de algumas adições e aditivos nas

propriedades das argamassa autonivelantes (FREITAS *et al.*, 2010) e (LORENZET, GOMES, 2012).

Não foram encontrados estudos sobre os produtos industrializados que estão sendo lançados no mercado brasileiro e nem sobre seu comportamento em uma situação de uso, em conjunto com o substrato. Além disso, estudos comparativos da argamassa autonivelante industrializada com o sistema convencional que é utilizado no Brasil (argamassa dosada em obra do tipo "farofa") para sua futura inserção, de forma eficaz e confiável no mercado da construção, se fazem necessários.

Este trabalho servirá então de base para que novos estudos e formulações à respeito de argamassas autonivelantes sejam desenvolvidos futuramente não só pela área acadêmica, mas pelas empresas que produzem e fornecem essa argamassa, contribuindo e ampliando com o conhecimento do produto em questão, bem como, sobre as propriedades da camada de contrapiso.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho propõe analisar, a partir de testes e ensaios laboratoriais, o desempenho físico-mecânicos de argamassas autonivelantes industrializadas brasileiras em contrapisos e seu comportamento em relação aos convencionais métodos de execução de contrapiso com argamassa dosada em obra.

1.2.1 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, este trabalho elenca os seguinte pontos:

- a) levantar os traços de argamassa para contrapiso que estão sendo executados hoje no mercado da construção civil da cidade de Porto Alegre/RS;
- b) avaliar o comportamento das argamassas autonivelantes industrializadas, tanto no estado fresco como no endurecido, frente aos convencionais métodos de execução, com argamassa dosada em obra, analisando se elas fornecem características reológicas e mecânicas adequadas para a aplicação em contrapisos;
- c) Indicar frente aos ensaios físicos-mecânicos realizados com as argamassas dosadas em obra, quais propriedades das argamassas autonivelantes que

podem vir a ser melhoradas, para que o produto apresente um melhor comportamento em uso.

1.3 HIPÓTESES

As hipóteses deste trabalho são de que as argamassas industrializadas encontradas hoje, no mercado da construção civil, para a confecção dos contrapisos autonivelantes, ainda não apresentam um desempenho mecânico comprovadamente satisfatório no mercado para vir a substituir, ou até mesmo competir, com o contrapiso convencional de argamassa dosada em obra. Não existem normas nacionais específicas para as mesmas e há relatos sobre manifestações patológicas em suas propriedades físicas e mecânicas em diversas regiões do Brasil, feitos tanto por usuários do produto, quanto por empresas fabricantes.

Acredita-se então, que após as caracterizações laboratoriais, seja possível identificar alguns dos parâmetros físico-mecânicos das argamassas autonivelantes industrializadas, lançadas no mercado brasileiro, que podem vir a ser melhorados futuramente pelas empresas fabricantes, para que se atinja um nível de desempenho mais adequado para o uso proposto.

1.4 DELIMITAÇÕES

Para que a proposta e análises do experimento sejam exequíveis ao tempo estipulado, algumas delimitações foram impostas para o este trabalho:

- a) foram avaliados os traços mais utilizados em obra, na cidade de Porto Alegre (RS), para a confecção do contrapiso convencional, os quais foram escolhidos um mais rico, de maior resistência (1:3) e outro mais pobre, de menor resistência (1:6), para serem utilizados posteriormente, como parâmetros de referência para as argamassas autonivelantes industrializadas;
- b) foram analisados somente 3 tipos de contrapisos autonivelantes disponíveis no mercado brasileiro da construção;
- c) todas as argamassas autonivelantes que foram aplicadas sobre as placas de concreto apresentavam características e recomendações do fabricante semelhantes: base cimentícia, com espessura limitada de 20mm, aderidas ao substrato e com função de regular o substrato;

- d) as placas que foram confeccionadas para os substratos de concreto, possuem fck de 30MPa.

1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos, conforme descritos na sequência:

O **primeiro capítulo** - "INTRODUÇÃO", introduz o assunto deste trabalho de forma genérica, destacando a importância do tema e relevância do estudo, justificando a necessidade de pesquisas relacionadas a esta área do conhecimento. São também descritos nesse capítulo os objetivos principais e secundários, as hipóteses e as delimitações da pesquisa.

No **segundo capítulo** - "SISTEMA DE PISO E CONTRAPISO", é feita uma revisão da literatura sobre o tema proposto, abordando assuntos relevantes e de interesse para esta pesquisa. É feita a apresentação da argamassa autonivelante propriamente dita, algumas diferenças com as outras argamassa já existentes, método de aplicação, vantagens e desvantagens do uso, suas propriedades reológicas no estado fresco e endurecido e por fim, algumas manifestações patológicas relatadas e encontradas em obras brasileiras.

O **terceiro capítulo** - "NORMATIZAÇÃO (NBR/EN/ASTM)", trata ainda de uma revisão bibliográfica, referente à abordagem das exigências existentes hoje, em normativas de diversos países, com relação ao contrapiso e a própria argamassa autonivelante, traçando um panorama internacional sobre o assunto.

O **quarto capítulo** - "MATERIAIS E MÉTODOS", contempla o programa experimental proposto para o desenvolvimento desta pesquisa, a caracterização dos materiais, dosagens que foram utilizadas e os métodos de ensaios necessários à realização e obtenção dos resultados.

No **quinto capítulo** - "ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS" são apresentados todos os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais propostos, com análises e discussões a respeito destes.

Por fim, no **sexto capítulo** - "CONSIDERAÇÕES FINAIS" são expostas todas as considerações finais a respeito dos resultados obtidos no trabalho, as conclusões e ainda, sugestões para auxiliar a realização futura de novos trabalhos na área.

2 SISTEMA DE PISO E CONTRAPISO

O sistema de piso (Figura 1), onde está inclusa a camada de contrapiso¹, por não ter um projeto próprio e específico na concepção das edificações, normalmente é visto como uma atividade secundária no setor da construção civil e deixado de lado no planejamento das obras. Na maior parte das vezes, é executado por operários que não tem conhecimento técnico de seu comportamento e que acabam fazendo mau uso dos materiais de construção em sua composição (BARROS, SABBATINI, 1991).



Figura 1- Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos.
Fonte: NBR 15575-3 (ABNT, 2013)

Além de implicar mais tarde em problemas de execução e poder ocasionar o aparecimento de manifestações patológicas, a incoerente utilização dos materiais e a falta de controle na qualidade das etapas de produção da edificação podem levar a um aumento no custo final da obra. No caso do contrapiso, o consumo excessivo de material e o uso equivocado de elevadas espessuras, para corrigir eventuais erros de níveis da própria estrutura da laje, por exemplo, comprometem não só o funcionamento do sistema, mas também aumentam as cargas atuantes na edificação e os gastos com a estrutura (BARROS, SABBATINI, 1991).

A NBR 15575-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), atualizada recentemente preconiza que o sistema de piso deve apresentar características e

27

¹ **Camada de contrapiso:** estrato com as funções de regularizar o substrato, proporcionando uma superfície uniforme de apoio, coesa, aderida ou não e adequada à camada de acabamento, podendo eventualmente servir como camada de embutimento, caimento ou declividade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-3, 2013).

desempenho adequado para atender aos requisitos dos usuários, ou seja, das necessidades dos ocupantes da edificação, durante toda a vida útil da edificação, independente do material que é constituído ou do sistema construtivo utilizado. Entretanto, apesar de estipular a função e alguns dos requisitos de desempenho esperado para os sistemas de pisos, a normatização brasileira ainda é muito genérica no que diz respeito a especificações para a execução e controle da camada de contrapiso, propriamente dita.

A NBR 13753 (ABNT, 1996), que trata sobre "revestimentos de piso interno e externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante", é a única norma que menciona prescrições exclusivas para a camada de contrapiso, para o caso de aplicação futura de revestimento cerâmico. Dentre as prescrições elenca:

"5.5.1 O contrapiso (ou piso morto) deve ser executado diretamente sobre a base ou sobre a camada intermediária, e após um período de no mínimo sete dias após a conclusão da camada imediatamente inferior;

5.5.2 O contrapiso deve ser constituído por uma argamassa de cimento e areia média úmida, com traço recomendado em volume de uma parte de cimento para seis partes de areia, ou por argamassa de cimento, cal hidratada e areia média úmida, com traço recomendado em volume 1:0,25:6, respectivamente.

5.5.3 A espessura do contrapiso deve estar compreendida entre 15 e 25 mm.

5.5.4 O contrapiso deve ser executado com antecedência mínima de sete dias em relação ao assentamento do revestimento cerâmico, visando diminuir o efeito da retração da argamassa sobre o piso cerâmico a ser executado. A superfície da base, ou a superfície da camada imediatamente anterior, deve estar isenta de tudo que possa prejudicar a aderência da argamassa do contrapiso.

NOTA - Bases antigas ou superfícies muito lisas devem ser apicoadas.

5.5.5 Antes do lançamento da argamassa, aplicar sobre a base uma ponte de aderência conforme 5.2.3.²

5.5.6 Caso o contrapiso seja executado sobre a camada de separação observar os detalhes dados em 5.3.7³ no tocante à inserção de tela metálica.

5.5.7 O acabamento da superfície do contrapiso deve ser executado na medida em que é lançada a argamassa, devendo esta superfície se apresentar com textura áspera, obtida por sarrafeamento ou ligeiro desempenamento."

28

² 5.2.3 - A ponte de aderência entre camadas é sempre realizada sobre a superfície previamente umedecida, e sem poças de água, da camada já executada e curada, mediante aplicação de uma argamassa plástica com traço em volume de 1:1 (cimento e areia média), com auxílio de vassouras de pêlo duro. A argamassa deve ser lançada sobre a superfície e espalhada de forma enérgica com as vassouras, imediatamente antes do lançamento da argamassa da camada seguinte.

³ 5.3.7 Sempre que for utilizada camada de separação, a camada de regularização acima dela, ou o próprio contrapiso, se esta for a camada logo acima da camada de separação, deve ser reforçada com tela soldada de malha quadrada 50mmx50mm, e fios de diâmetro 16x16 BWG (Birgmingham Wire Gauge), ou seja, diâmetro de cerca de 1,65mm, colocada na metade da espessura da camada de argamassa. Sua função é a de inibir as tensões oriundas da retração das argamassas.

Nota-se que não há prescrições, por exemplo, sobre o tipo de cura necessário, propriedades físico-mecânicas esperadas, especificações para outros tipos de revestimento final, equipamentos e métodos próprios de ensaio. A busca, cada vez maior, por racionalização e sistematização nos canteiros de obras, fez com que muitas empresas, ao longo dos últimos anos, eliminassem a execução de contrapiso do processo construtivo das edificações e optassem pela implementação do sistema de "laje zero". Neste sistema, a laje estrutural assume as principais funções da camada de contrapiso, dispensando sua execução. A própria laje é que fornece a rugosidade superficial, planeza, nivelamento e declividade necessários à fixação ou assentamento da camada final dos revestimentos de piso (SOUZA, MELHADO, 2002).

Todavia, ao fazer uso do sistema de laje-zero, a acústica da edificação acaba ficando condicionada à espessura, dimensão e vãos da laje, existência de alvenaria e suas ligações com a estrutura, uso ou não de contrapiso e mantas acústicas e ainda, tipos de revestimentos utilizados. A laje zero acaba não atendendo de forma satisfatória, na maioria das vezes, os parâmetros de desempenho acústico das edificações, prescritos pela NBR 15575-3 (ABNT, 2013), requerendo algum complemento para atender com eficiência tais prescrições (NETO, 2010).

O mesmo já havia sido observado por Neubauer (2009), em seu estudo comparativo entre diversas composições de sistemas de pisos e revestimentos. O autor verificou que os sistemas de pisos que fazem uso de sistemas flutuantes (camada isolante) obtém desempenho acústico superior aos que fazem somente uso da camada de contrapiso, que por sua vez, obtém desempenho notoriamente mais satisfatório do que aqueles que não fazem uso da camada de contrapiso (laje zero). Reforça-se assim, a importância do uso e da correta aplicação do contrapiso, principalmente aliada a outros materiais, nos sistemas de pisos atuais para se obter um melhor desempenho das edificações, frente as prescrições da NBR 15575-3 (ABNT, 2013).

2.1 ARGAMASSA AUTONIVELANTE

A argamassa autonivelante é uma argamassa autoadensável de base cimentícia, bombeável, monocomponente, bastante fluida e de fácil aplicação, utilizada em superfícies horizontais. Ela pode ser utilizada como contrapiso propriamente dito, aderido ou não ao substrato, sobre manta acústica e/ou térmica. Pode receber posteriores revestimentos e materiais de acabamento, ou ainda servir como a própria superfície final do piso (AENOR, 2003).

A principal característica desse material, em relação aos convencionais métodos de contrapiso feitos com argamassa dosada em obra, é sua elevada fluidez e sua capacidade de se auto adensar, sem segregar. Sua aplicação é rápida e simples, e o material se espalha no ambiente aplicado, de forma coesa e homogênea. Seu adensamento e compactação se dá pela ação da gravidade, com o próprio peso.

Na Figura 2 é possível observar a diferença de consistência entre a argamassa convencional dosada em obra, utilizada nos contrapisos brasileiros, que apresenta uma consistência seca e esfarelada, denominada como "farofa", com a argamassa autonivelante, cuja consistência é mais líquida e fluída.



Figura 2 - (a) Aplicação da argamassa de contrapiso dosada em obra; (b) Aplicação da argamassa de contrapiso autonivelante.

Fonte: (MARTINS,2012) e (CDTV,2013)⁴

2.1.1 Histórico

Segundo Anderberg (2007), o primeiro composto autonivelante para pisos, "self-levelling flooring compound" (SLC), foi desenvolvido por Nils Johansson na Finlândia, e foi lançado no mercado da construção civil em 1977. Utilizando cimento Portland e aditivos químicos como super plastificantes e fluidificantes, o objetivo inicial do produto era criar uma maneira fácil de nivelar pisos de concreto, antes da aplicação do revestimento final, evitando a necessidade de um tratamento na superfície. O produto rapidamente ganhou popularidade no Mercado nórdico, e no início da década de 1980, foi usado em cerca de 90% dos pisos de concreto produzidos na Suécia (Ericsson *apud* Anderberg, 2007).⁵

⁴ CONSTRUÇÃO DINÂMICA NA TV (CDTV) - **A construção civil na televisão brasileira**. Programa 125. 13 de jan. de 2013. Disponível em: <<http://www.construcaodinamicatv.com.br/>> Acesso em 7 de set. 2014.

⁵ Ericsson H. and Hellström B. **Skador i golv pa underlag av flytspacklad betong under tiden 1977-1983**. Byggeforskningsradet, Rapport R:193, 1984.

Segunda Martins (2009), os primeiros estudos sobre argamassa autonivelante propriamente dito datam da década de 80, também no mercado da construção civil europeu. Contudo, foi somente ao longo da última década que pesquisadores e empresas, aprofundaram o conhecimento à respeito das propriedades no estado endurecido e, principalmente, no estado fresco dessas argamassas e compostos autonivelantes.

Em 2002, o Reino Unido, por exemplo, publicou as primeiras normas de desempenho para os produtos de revestimento de pisos, incluindo as argamassas autonivelantes que foram tomadas como padrão por toda a Europa. As normas descrevem as características essenciais esperadas dos produtos autonivelantes e os métodos pelos quais essas características devem ser determinadas, complementando ainda, com um conjunto de método de testes para os ensaios com os produtos (FERFA, 2005).

Já as normas Norte Americanas, trazendo especificações e testes de padronização para as argamassas autonivelantes, datam do ano de 2011. As pesquisas americanas que se tem disponíveis, anterior a essa data, possuem como tema principal as características e propriedades reológicas das argamassas autonivelantes no estado fresco, baseadas nas normas européias.

Provenientes da Espanha as argamassas autoadensáveis ou autonivelantes foram introduzidas há relativamente pouco tempo no Brasil e ainda são uma novidade, que vem fazendo crescer o interesse em estudos de seu comportamento, pelos setores da construção civil (MARTINS, 2009).

2.1.2 Fornecimento

Com relação ao fornecimento de argamassa autonivelante no Brasil, atualmente se encontram dois tipos no mercado: argamassa ensacada (industrializada) e argamassa produzida em central. A primeira é vendida seca em sacos, sendo misturada com água e preparada instantes antes da sua aplicação, e a segunda é transportada, já pronta para aplicação, até a obra em caminhão betoneira (SOUZA, 2013).

Souza (2013) apresenta as diferenças entre as duas formas distintas de fornecimento das argamassas autonivelantes, com o contrapiso de argamassa dosada em obra (Tabela 1).

Tabela 1- Tabela comparativa das formas de fornecimento entre argamassas autonivelantes e argamassa dosada em obra.

ATIVIDADE / TIPO DE ARGAMASSA DE CONTRAPISO	ARGAMASSA AUTONIVELANTE ENSACADA (INDUSTRIALIZADA)	ARGAMASSA AUTONIVELANTE DOSADA EM CENTRAL	ARGAMASSA DOSADA EM OBRA (TIPO FAROFA)
ENTREGA E RECEBIMENTO DO MATERIAL	Não depende de entrega programada.	A entrega precisa ser programada com antecedência.	Não depende de entrega programada.
MISTURA E PREPARO DO MATERIAL	Necessita de argamassadeira acoplada à bomba.	A argamassa é lançada direto na bomba.	A mistura é feita em betoneira convencional.
USO DE MÃO-DE-OBRA PARA PREPARO E APLICAÇÃO	Necessita de mais mão de obra para transporte e mistura da argamassa.	A mão de obra fica responsável apenas pelo bombeamento e espalhamento da argamassa.	Necessita de mais mão de obra para transporte dos materiais e mistura da argamassa.
MATERIAIS UTILIZADOS	Não depende diretamente do mercado das concreteiras.	Mais susceptível a variações de demanda da central em outras áreas do mercado.	Materiais comuns e encontrados com facilidade em depósitos de construção.
DOSAGEM DO MATERIAL	Deve-se atentar para a correta dosagem da água de amassamento.	Melhor controle da dosagem.	Deve-se atentar para a correta dosagem dos materiais e da água de amassamento.
PRODUÇÃO DO MATERIAL	A argamassa vai sendo produzida na medida em que será utilizada.	A demora na entrega pode acarretar em perda do material.	A argamassa vai sendo produzida na medida em que será utilizada.
INFRAESTRUTURA AUXILIAR	O uso não depende de infraestrutura de usina próxima à obra.	O uso está condicionado à presença de usina próxima à obra.	O uso não depende de infraestrutura de usina próxima à obra.

Fonte: Adaptada de Souza (2013)

2.1.3 Bombeamento

Com relação ao transporte e bombeamento do produto até o pavimento em que será aplicado, é possível realizar duas formas de envio: bombeamento à seco e bombeamento úmido.

a) Bombeamento à seco: para o caso de utilização de argamassa ensacada (industrializada). O material é transportado para a obra e armazenado. Aqui podem haver duas variações de silos: um com misturador acoplado (Figura 3 (a)), onde o material é misturado com a água no pavimento em questão, e depois é bombeado no estado líquido (GUGELMIN, 2013). Outro sem misturador acoplado (Figura 3 (b)), que envia o material seco, através de um compressor de ar, até um receptor no andar de aplicação (Figura 3 (c)),

para que seja misturado com água e bombeado por meio de uma mangueira, para ser aplicado (HOUANG, 2013).

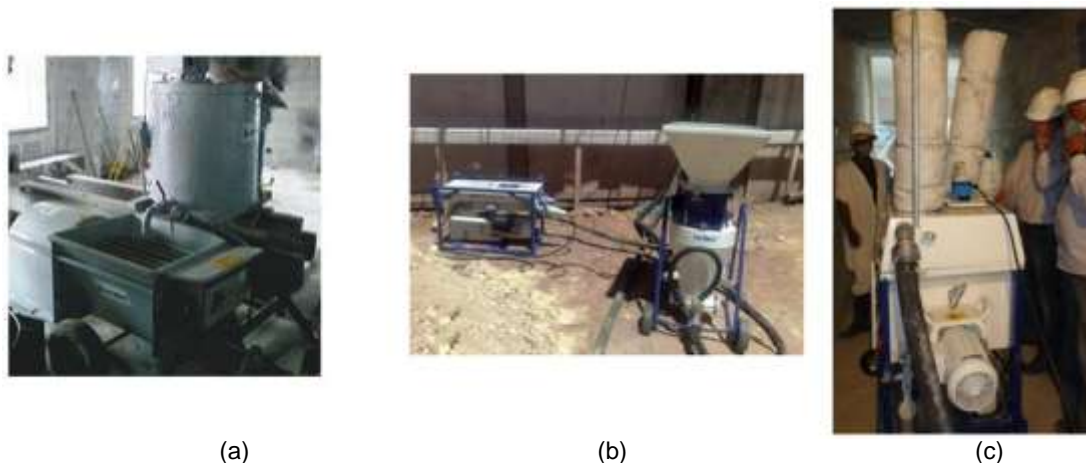


Figura 3 - (a) Silo com misturador acoplado; (b) Compressor de ar e silo de recebimento (sem misturador acoplado); (c) Equipamento receptor e misturador da argamassa.

Fonte: (EGLE,2010 e HOUANG,2013)

b) Bombeamento úmido: para o caso de utilização de argamassa dosada em central. O material já vem preparado da usina e é transportado para a obra em caminhão betoneira. No momento da aplicação, o material é bombeado até o pavimento da obra, em estado fluído e lançado (GUGELMIN, 2013). Souza (2013) lembra ainda que para o bombeamento da argamassa, podem ser utilizados vários tipos de bombas, mas que é preciso ser criterioso quanto ao volume de material que será lançado à área de aplicação, de forma que a equipe tenha capacidade de realizar o trabalho e aplicar o material de forma correta, sem perda de trabalhabilidade.

2.1.4 Utilização

Com relação ao tipo de argamassa, apesar de não ser ainda normatizada no Brasil e não ter suas características e propriedades especificadas para cada uso, é possível encontrar no mercado duas indicações para a utilização e aplicação desse produto: uma para ambiente industrial e outra para ambiente residencial/comercial, quais sejam:

a) Argamassas autonivelantes industriais: indicadas para aplicações industriais, garagens, estacionamentos, pátios e pisos industriais submetidos a tráfego moderado (Figura 4). Podem receber ou não, dependendo do fabricante, pinturas e/ou revestimentos de diversas naturezas ou ainda funcionar como a própria superfície final do piso. Normalmente são utilizadas para acabamento do piso e apresentam secagem mais rápida,

por apresentar espessuras mais finas, que variam, dependendo do caso, de 5 a 20 mm (LESSA e COUTINHO, 2013).



Figura 4 - (a) Área de estacionamento pronta para receber o contrapiso autonivelante industrial; (b) Área de estacionamento com o contrapiso autonivelante industrial aplicado.

Fonte: (LESSA e COUTINHO, 2013)

b) Argamassas autonivelantes residenciais/comerciais: indicadas para aplicações em áreas internas, residenciais e comerciais (Figura 5). Normalmente são utilizadas para nivelamento, não podendo funcionar como a própria superfície final do piso, pois não são aptas a receber tráfego intenso, requerendo um acabamento final. Entretanto podem ser aplicadas sobre pisos flutuantes, embutindo instalações, sobre mantas acústicas e/ou térmicas, de acordo com a necessidade. Apresentam espessuras um pouco maiores que as argamassas industriais, podendo variar entre 20 a 60 mm (LESSA e COUTINHO, 2013).



Figura 5 - (a) Pavimento com colocação de manta acústica, para receber contrapiso autonivelante; (b) Pavimento com aplicação de contrapiso autonivelante, sobre manta acústica.

Fonte: (HOUANG, 2013)

2.1.5 Execução

As orientações de aplicação das argamassas autonivelantes variam de um fabricante para o outro, de acordo com o processo de preparo escolhido ou, ainda, espessura desejada. Contudo há alguns cuidados que devem ser tomados, de uma forma geral, para que essas argamassas apresentem o seu desempenho mínimo esperado.

a) Preparo da laje

Primeiramente, segundo Gugelmin (2013), deve-se realizar a limpeza da laje sobre a qual a argamassa autonivelante será aplicada, eliminando quaisquer restos de sujeiras, resíduos, óleos, partículas soltas ou material aderido que impeça uma correta aderência do produto ao substrato. A Associação Nacional de fabricantes de argamassa da Espanha (AFAM) sugere que tal processo possa ser feito mediante a aspiração, lavagem, polimento ou, ainda, raspagem da laje (AFAM, 2005).

Muitos fabricantes brasileiros de argamassa industrializada recomendam que essa limpeza da laje seja feita, em conjunto com um tratamento superficial do substrato, como o processo de fresamento ou polimento, com disco de vídea, em sentido cruzado (Figura 6 - (a) e (b)) (CICHINELLI, 2013), que tem como objetivo fornecer maior rugosidade à laje e aumentar a área de contato entre os materiais. Se o tratamento for realizado, recomenda-se aspirar ou varrer a laje, de modo a retirar as partículas de pó que ficarão sobre o substrato.



Figura 6 - (a) Máquina fresadora. (b) Aparência da laje após fresamento.

Fonte: (CICHINELLI,2013)

Em caso de aplicação de espessuras muito finas de argamassa autonivelante, deve-se tomar cuidado para que a laje apresente planicidade suficiente para o produto revesti-la de forma homogênea e eficaz. Se houver falhas, saliências ou diferenças de níveis superiores à

espessura máxima que será aplicada de argamassa, recomenda-se que seja feita a correção e nivelamento do substrato, antes da aplicação do produto (AFAM, 2005).

Deve-se atentar, também, para a taxa de absorção e porosidade da laje em que a argamassa será aplicada. Substratos muito porosos e/ou má saturados de água, podem absorver a água da argamassa autonivelante, provocando o aparecimento de fissuras no material depois de seco ou ainda o aparecimento de bolhas. Por sua vez, substratos com baixa taxa de absorção tendem a não fornecer a adesão necessária para a aderência da argamassa, causando descolamentos (AFAM,2005).

A AFAM e os fabricantes de argamassa brasileiros recomendam que para evitar tais problemas, seja realizada a imprimação do substrato (Figura 7- (a) e (b)), com uso de "primers" e selantes específicos. O processo promove uma ponte de aderência entre as interfaces dos materiais (CICHINELLI, 2013), selando a superfície, no caso de substratos com elevadas absorções, ou ainda, fornecendo um agente de ligação, no caso de substratos não absorventes (AFAM,2005).



Figura 7 - (a) Aplicação do primer na laje. (b) Aparência da laje após fresamento e aplicação de "primer".
Fonte: (CICHINELLI, 2013)

Quando não for ou não puder ser realizada a aplicação do "primer" na laje, no caso de substratos porosos, recomenda-se adotar a prática de umedecimento superficial, até se obter uma condição saturada superfície seca, evitando, assim, que ocorra a perda de água da argamassa para o substrato (Figura 8).



Figura 8 - Umedecimento da laje.

b) Colocação de juntas e barreiras de contenção

Após o preparo da laje, deve-se atentar para a existência de juntas estruturais da edificação, que devem ser observadas e impostas ao revestimento autonivelante, antes de sua aplicação. No caso de utilização de elevadas espessuras de argamassa autonivelante (para uso residencial/comercial), devem ser colocadas juntas de espuma em todo o perímetro do ambiente, entre o futuro contrapiso e a alvenaria (Figura 9 - (a)), para absorver possíveis movimentos de expansão e contração do material (AFAM, 2005). Deve-se colocar também barreiras nos vãos das portas do ambiente, de modo a delimitar a área a ser trabalhada e garantir a contenção do material (Figura 9 - (b)).

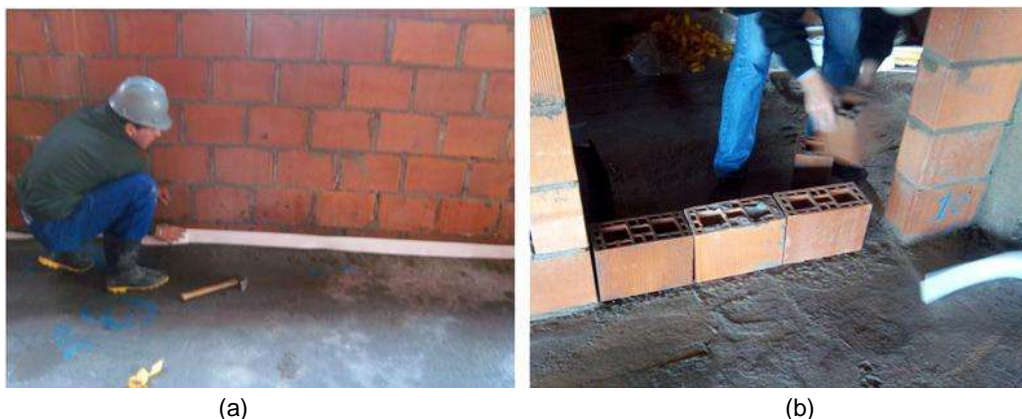


Figura 9 - (a) Colocação de juntas no perímetro do ambiente. (b) Colocação de barreiras nas portas;

c) Lançamento e aplicação

Seguidos todos os passos de preparação, o ambiente está apto a receber a argamassa autonivelante, que será preparada, lançada e aplicada no pavimento (Figura 10 - (a)), de acordo com espessura e tipo de argamassa escolhida. Gugelmin (2013) esquematiza (Figura 10 - (b)) a forma mais adequada de aplicação da argamassa em movimentos de zigue-zague para que ocorra uma correta distribuição do material.



Figura 10 - (a) Lançamento da argamassa autonivelante; (b) Esquema de aplicação da argamassa no ambiente;
Fonte: ((b) - GUGELMIN, 2013)

Martins (2012) lembra ainda, que para o caso de aplicação de argamassa ensacada em áreas de trabalho muito pequenas ou reduzidas, a preparação pode ser feita em recipientes de volume menor e mais adequado (Figura 11 - (a)), sem precisar necessariamente do maquinário específico para bombear e lançar a mistura. Neste caso, recomenda-se a utilização de um misturador de baixa rotação com hélice acoplada e a utilização de proporções de água recomendadas pelas especificações do produto, para evitar que seu excesso reduza a resistência do material (AFAM, 2005). Além disso o lançamento pode ser feito manualmente (Figura 11 - (b)) do próprio recipiente.

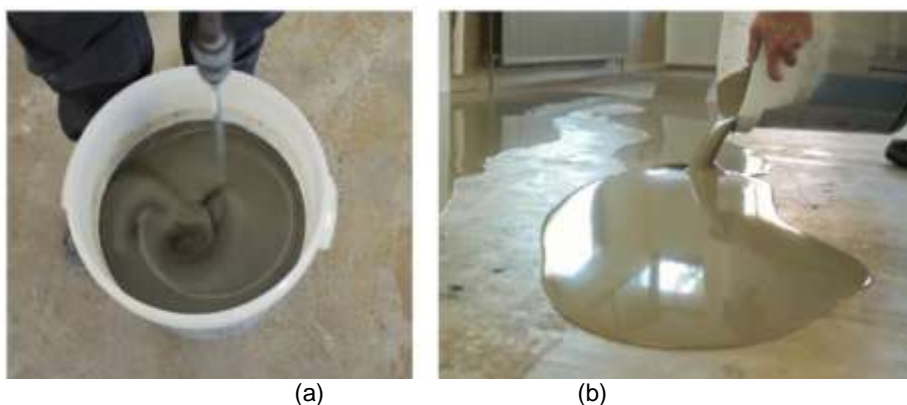


Figura 11 - (a) Argamassa autonivelante sendo preparada em recipiente menor; (b) Argamassa autonivelante sendo lançada manualmente.
Fonte: (EUROCOL, 2012)⁶

AFAM (2005) lembra, ainda, que para o caso de utilização de argamassas autonivelantes industrializadas deve-se respeitar os limites máximos e mínimos de espessura

38

⁶ EUROCOL, Forbo. **Levelling - smoothing uneven sub floors**. 13 de jan. de 2012. Disponível em: <<http://www.youtube.com/>>. Acesso em 7 de set. 2014.

recomendados pelo fabricante. Se houver a necessidade de maiores espessuras recomenda-se realizar a aplicação da argamassa em várias camadas, respeitando sempre o tempo necessário para o endurecimento da camada anterior.

d) Nivelamento

Após o lançamento da argamassa no pavimento recomenda-se que seja feita a verificação de nível, para controle da espessura do contrapiso. Para o caso de aplicação de argamassa com baixas espessuras e/ou em pavimentos com substratos que apresentem boa planicidade, a verificação pode ser feita através do uso de rodo nivelador.



Figura 12 - (a) Rodo nivelador; (b) Rodo nivelador sendo aplicado em contrapiso de argamassa autonivelante.
Fonte: (DUPOL, s.d.) e (SILVA, 2010)

Já para o caso de aplicação de argamassa com altas espessuras e/ou em pavimentos onde os substratos não apresentam boa planicidade, a verificação é feita por meio de tripés de nivelamento. Neste caso, antes do lançamento da argamassa no pavimento, deve ser realizada a distribuição dos tripés (Figura 13 - (a)), de modo a criar vários pontos de referência para o controle da espessura do contrapiso, durante o processo de bombeamento da argamassa. Em muitos casos, para obter maior precisão e controle dessa espessura, recomenda-se a utilização de um segundo tripé à laser (Figura 13 - (b)), para realizar o nivelamento dos demais tripés (Figura 13 - (c)) e garantir que os pontos de referência fiquem ajustados de forma mais precisa (GUGELMIN, 2013 e SOUZA, 2013).

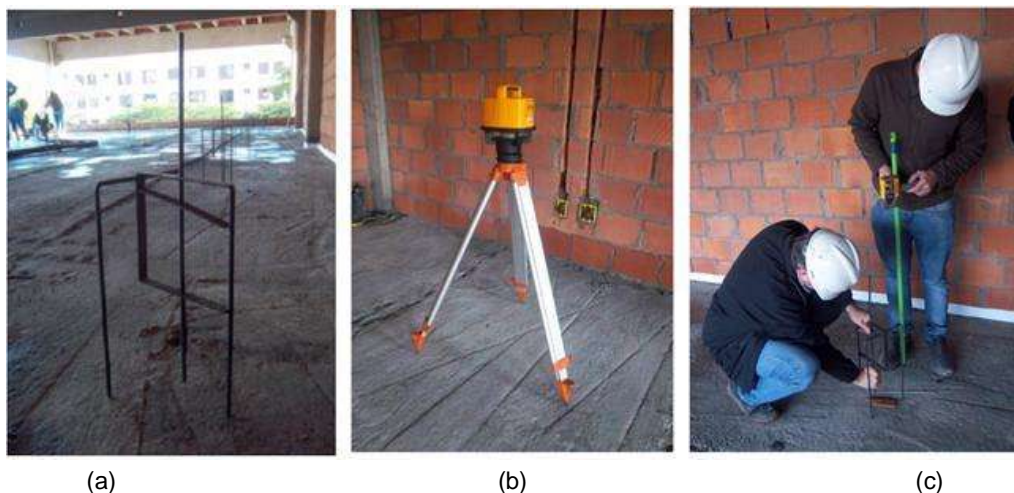


Figura 13 - (a) Tripé de referência; (b) Tripé de nivelamento a laser; (c) Transferência de nível para os tripés;

e) Acabamento

Lançada a argamassa no pavimento e atingido o nível determinado do contrapiso, é realizado um acabamento superficial da argamassa. Este acabamento tem como objetivo deixar a superfície do produto mais uniforme, melhorar seu assentamento e eliminar possíveis bolhas de ar que tenham ficado aprisionadas no material durante o processo de aplicação e bombeamento.

O acabamento pode ser feito de diferentes formas de acordo com a espessura de contrapiso aplicada. Em casos de aplicação de espessuras de contrapiso mais baixas, recomenda-se o uso de ferramentas já utilizadas hoje para pisos monolíticos, como o rolo quebra bolhas ou ainda, o rodo/espátula dentada, realizando movimentos leves de vai-e-vem no material.



Figura 14 - (a) rolo quebra bolhas sendo aplicado na argamassa autonivelante; (b) rodo dentado sendo aplicado na argamassa

Fonte: (ESPAÑA, 2013)⁷ e (CICHINELLI, 2013)

⁷ ESPAÑA, Sika. **Mortero autonivelante - Sikafloor Level-50**. 15 de out. de 2013. Disponível em: <<http://www.youtube.com/>>. Acesso em 6 de set. 2014.

Em casos de utilização de espessuras mais elevadas de contrapiso, recomenda-se o uso de uma régua "T" de alumínio (Figura 15 - (a)), a qual realiza-se movimentos consecutivos de cima para baixo (Figura 15 - (b)) ou movimentos perpendiculares entre si (AFAM,2005) para dar o acabamento. A AFAM (2005) lembra ainda que o acabamento do material deve ser feito imediatamente após o lançamento, antes do tempo de início de pega do produto.

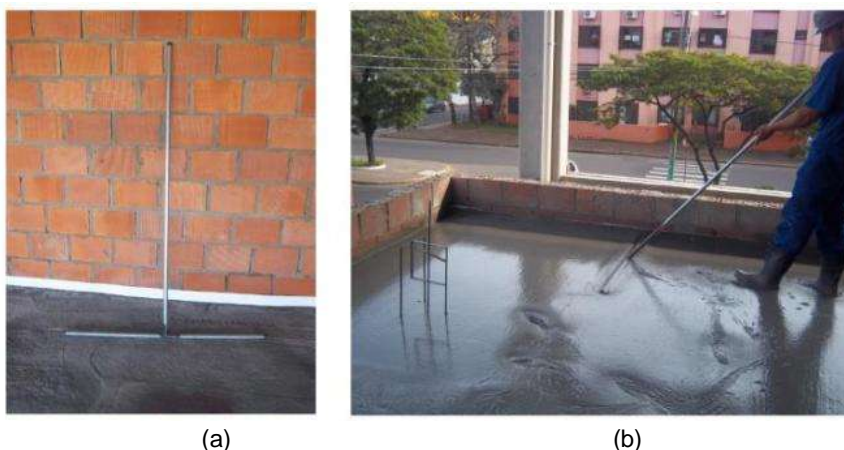


Figura 15 - (a) Régua "T" utilizada para o acabamento da argamassa; (b) Acabamento do contrapiso sendo realizado com a régua "T".

f) Cura

Como não há padronização ou normatização brasileira a respeito desse material, alguns fabricantes recomendam que a cura seja realizada com o umedecimento superficial e cobrimento do piso, outros, que a cura se dê ao ambiente (Figura 16 - (a) e (b)) (BARROS, 2013). Gasparo *et al.* (2009) lembram que a cura da argamassa autonivelante deve ser feita com cuidado e controlada de acordo com a espessura aplicada e com o tipo de cimento utilizado na mistura. Além disso, o calor liberado no processo de hidratação do cimento, se não controlado, poderá provocar fissuras no material, decorrentes da retração por secagem desses materiais (SCHAEFER, 2013).



Figura 16 - (a) Cura do contrapiso com cobrimento e umedecimento superficial; b) Cura do contrapiso ao ar livre.
Fonte: (BARROS, 2013) e (SILVA, 2013)

2.1.6 Vantagens e desvantagens do uso

As vantagens e desvantagens do uso de argamassas autonivelantes irão depender diretamente de diversos fatores, como o tipo de argamassa utilizada (ensacada ou produzida em central), a dosagem dos seus materiais constituintes, o tipo de cimento e o uso a que se destinam.

De um modo geral, citam-se como vantagens desse material a liberação rápida da área aplicada, cuja superfície pode ser liberada ao tráfego leve após decorridas 2 a 3 horas da sua instalação e posta em serviço com a idade de 8 horas (serviço leve) a 24 horas (serviço pesado) (NAKAKURA, BUCHER, 1997). Entretanto, como em qualquer argamassa, deve ser respeitado o tempo de secagem e eliminação da umidade, em torno de 14 dias (dependendo das condições climáticas da região), para ser realizado o assentamento do revestimento (SOUZA, 2013).

É um material de construção extremamente versátil, rápido de ser instalado e que pode ser utilizado em diversos ambientes (NAKAKURA, BUCHER, 1997). Houang (2013) afirma que a produtividade na execução de um contrapiso autonivelante pode chegar a ser até 8 vezes maior que a de um contrapiso "farofa" dosado em obra. Egle (2010) explica que para executar a aplicação em uma laje de 600m², por exemplo, de um contrapiso dosado *in loco*, do tipo farofa, seria necessário em torno de 4 a 5 dias, enquanto que, com a aplicação da argamassa autonivelante, esse tempo seria reduzido para apenas 4 a 5 horas. Ou seja, uma produtividade em média de 100 m²/h, para uma equipe de 5 pessoas.

Branco e Brito (2014) concluem que o uso do contrapiso autonivelante promove uma redução de 46% no tempo total necessário para a aplicação do produto, se comparado com o sistema convencional de argamassa dosada *in loco*. Outra vantagem proporcionada pela argamassa autonivelante é a diminuição no número de trabalhadores necessários para a produção e aplicação do produto, já que dispensa o processo de desempenho (necessário no método convencional de contrapiso) (GOMES, 2013).

Devido a sua consistência fluída e elevada capacidade de se mover apenas pela ação do próprio peso, promove um preenchimento mais uniforme e homogêneo no local aplicado (MARTINS, 2009), oferecendo melhor acabamento final ao piso e/ou contrapiso, com isenção de defeitos provenientes de falhas de execução. Além disso, em comparação com as argamassas dosadas em obra, a porosidade do contrapiso autonivelante, devido a sua composição e granulometria, é normalmente mais baixa e como resultado tem-se um

material com boa resistência aos agentes de deterioração e de fácil limpeza, quando utilizado para acabamento final do piso (MARTINS, 2012).

Por permitir reduzir a espessura da camada de contrapiso (em comparação ao uso de espessuras elevadas com o uso de argamassa "farofa") e, conseqüentemente, a quantidade de argamassa necessária para a execução do sistema, fornece um ganho final no pé-direito na etapa de projeto (EGLE, 2010). Reduz gastos por eventuais perdas ou sobras de material, proporcionando economia, tanto no consumo de matérias-primas como nos gastos com a estrutura da edificação, já que reduzirá o peso final do sistema de piso, se comparada com a argamassa dosada em obra.

Em função da velocidade de bombeamento do produto e de sua alta produtividade, reduz os prazos de execução. Fornece melhor controle de qualidade dos materiais e uma logística de obra mais eficiente, já que a utilização da bomba dispensa os equipamentos convencionais horizontais e verticais para a realização do transporte do material (SILVA, 2013).

Proporciona, ainda, uma construção mais limpa e organizada, liberando espaço no pavimento para outros materiais necessários à obra (EGLE, 2010). Promove a racionalização do subsistema e otimização no canteiros de obras com a redução das atividades que não agregam valor ao processo construtivo, como transporte, necessidade de grandes áreas para estoque e inspeção do material (GOMES, 2013).

As argamassas autonivelantes são materiais que podem ser instalados em diversos ambientes e aplicados sobre diversos tipos de substrato, ou ainda, sobre mantas acústicas e térmicas. Conforme acrescenta Egle (2010), essa argamassa pode servir de base para o assentamento de inúmeros revestimentos, como piso cerâmico, carpete, tábua corrida, mármore e porcelanato, sem qualquer alteração no acabamento.

Podem ser aplicadas sobre diversos revestimentos antigos, já aderidos (Figura 17), em casos de obras de remodelação ou reabilitação, que queiram aplicar outro tipo de revestimento. Neste caso, a base antiga não precisa ser retirada, mas o produto escolhido deve ser selecionado com cuidado, pois pode requerer a aplicação de "primers" específicos, para garantir a aderência adequada entre os materiais (MARTINS, 2012).



Figura 17 - (a) Argamassa autonivelante sendo aplicada (com espátula) sobre piso cerâmico; (b) Aplicação de argamassa autonivelante sobre revestimento de madeira.

Fonte: (MARTINS, 2012)

Martins (2012) reforça que além de ser utilizada como camada de regularização, a argamassa autonivelante pode ser utilizada como camada de acabamento. Neste caso, a mistura pode receber adições de resinas e corantes em sua formulação, para realçar o seu aspecto estético e decorativo (MARTINS, 2012), ou ainda passar por um processo de lixamento e receber posterior pintura (CICHINELLI, 2013).

Dentre as principais desvantagens, pode-se mencionar que poucas empresas hoje têm domínio e conhecimento sobre a produção e aplicação da argamassa autonivelante (BRANCO e BRITO, 2014). Silva (2013) também destaca a dificuldade de se encontrar aplicadores experientes e qualificados para a execução do serviço, de forma que a produtividade potencial máxima do produto possa ser verificada durante a obra. Neste caso, é necessário que as empresas fabricantes e usuárias do produto, que queiram incorporá-lo na construção civil, promovam o treinamento necessário para qualificar a mão-de-obra de operários.

Souza (2013) ainda lembra que a aplicação do produto não é indicada para locais com declividade e que precisem de caimentos, como banheiros e cozinhas. Outro inconveniente é para casos onde se queiram realizar desníveis, sendo necessário fazer barreiras físicas, para que a argamassa não escoe, e realizar posterior arremate da mesma.

Outra desvantagem são os cuidados necessários quando da produção, em obra ou em central, dessa argamassa: a quantidade de água indicada para a mistura deve ser rigorosamente seguida, pois em excesso pode causar segregação da mistura. Da mesma forma que a dosagem do aditivo, que, se feita de maneira errônea, pode requerer maior tempo para cura e enrijecimento da argamassa, impedindo a liberação rápida do local. Além disso, se o contrapiso não estiver com a fluidez adequada, pode ocasionar o entupimento

dos mangotes durante o processo de bombeamento da argamassa (BRANCO e BRITO, 2014).

Por fim, a falta de padronização dos equipamentos para sua aplicação e a falta de especificações técnicas, tanto de uso como de produção dessa argamassa, acarretam uma série de dúvidas quanto ao correto comportamento do material, desmotivando o uso do material na construção civil brasileira.

2.1.7 Parâmetros reológicos

A reologia pode ser explicada como a ciência que estuda o comportamento mecânico de corpos deformáveis, cuja classificação física pode estar no estado sólido, líquido ou gasoso (CASTRO, 2007). Segundo Oliveira *et al.* (2000), é a ciência que estuda o fluxo e a deformação dos materiais quando estes são submetidos a uma determinada tensão ou solicitação mecânica externa. Martins (2009) relata que as propriedades no estado fresco da argamassa autonivelante irão influenciar diretamente o seu comportamento no estado endurecido, de forma que o domínio de suas características é fundamental e deve ser levado em conta, na hora da produção e aplicação do produto.

Manrich e Pessan *apud* Castro (2007)⁸ dizem que se o corpo em consideração for um fluido, a aplicação de qualquer sistema de forças anisotrópica e heterogênea, ou seja, aplicada em diferentes direções e posições, respectivamente, resultará no escoamento do material. A retirada desse sistema de forças, por sua vez, não provirá o retorno do material ao seu estado não-deformado. Por outro lado, se o corpo for considerado um sólido, a aplicação desse mesmo sistema de forças resultará na deformação do material e a sua retirada procederá ao retorno do corpo em seu estado original, não deformado.

Os materiais de base cimentícia, como pastas, argamassas ou concreto, apresentam-se em seu estado fresco, como fluidos. Sua reologia está relacionada a um sistema de forças que faz com que eles escoem e que sejam representados segundo Cardoso (2009), pelas relações entre o fluxo ou deformação, com as forças a que estão submetidos.

A constituição desses materiais se dá através de uma suspensão de partículas (aglomerantes, agregados, bolhas de ar, aditivos minerais e outros) que se distribuem através do meio líquido e que têm sua consistência modificada ao longo do tempo, em decorrência da hidratação do cimento e secagem do material (ANTUNES, 2005). Devido a essa natureza multifásica, o estudo reológico desses materiais é bastante complexo, e

45

⁸ MANRICH, S.; PESSAN, L. A. **Reologia: conceitos básicos**. São Carlos: Gráfica UFSCar, 1987

entender conceitos de tensão, deformação e viscosidade se fazem necessários para que o material apresente sua característica de adensabilidade.

A **tensão** de escoamento pode ser entendida como a tensão mínima necessária para ser aplicada em um determinado material para que o processo de escoamento se inicie (SOUSA; LARA, 2005). Oliveira (2000) afirma que quanto menor é a viscosidade de um fluido, menor é a tensão que se fará necessária para submeter o material a uma determinada taxa de cisalhamento.

As argamassas autonivelantes devem apresentar, em seu estado fresco, características reológicas que possibilitem que seu escoamento se dê de maneira fácil e de forma simples. O material deve se espalhar e adensar no ambiente em que for lançado, apenas com a ação do próprio peso, sem necessitar de qualquer tipo de auxílio mecânico ou manual de compactação (MARTINS,2009).

A **deformação** é a mudança relativa de posição das partes de um corpo. No caso dos fluidos, é o deslocamento ou a deformação da matéria sob a ação de uma tensão de cisalhamento, sendo que, na ausência desta, não haverá deformação (CASTRO, 2007).

No caso das argamassas autonivelantes, elas precisam apresentar características de deformabilidade sob ação da gravidade, suficientes para preencher todos os espaços em que for lançada, de forma coesa e homogênea, formando uma superfície plana e nivelada, de acordo com a finalidade da camada de regularização (MARTINS, 2009).

A **viscosidade**, por sua vez, expressa a resistência do fluido ao escoamento, em situação de fluxo. Quando uma força de cisalhamento é aplicada em um fluido, um gradiente de velocidade (taxa de cisalhamento) é induzido neste fluido. O fator de proporcionalidade entre a força e o gradiente é chamando de viscosidade (SOUSA; LARA, 2005).

Um requisito para argamassas autonivelantes quanto à viscosidade, no estado fresco, são fatores como a velocidade e altura de aplicação, que não devem interferir na homogeneidade do material. As argamassas autonivelantes devem apresentar características de viscosidade suficientes para lhes permitir ultrapassar qualquer tipo de barreira física que possam encontrar durante o processo de aplicação. Da mesma forma, devem ser capazes de manter a homogeneidade e coesão das partículas da pasta cimentícia com os agregados, impedindo o desprendimento da água da pasta (MARTINS, 2009).

A viscosidade pode ser controlada limitando o tamanho máximo do agregado, alterando o teor de água, o teor de pasta, o teor de material seco ou ainda com adição de alguns aditivos químicos, como os modificadores de viscosidade (JAWAHAR *et al.* 2013). No caso de argamassas ou concretos, Martins (2009) afirma que o atrito interno das partículas constituintes da pasta (como o cimento, os agregados, adições, entre outros) evitam o processo de segregação e exsudação dos componentes da mistura. Já o aumento de água na mistura reduz a viscosidade da pasta, podendo, quando em excesso, provocar a segregação dos materiais. A diminuição na ralação a/c ou a/aglomerante da pasta, nos testes mecânicos, eleva a resistência à flexão e resistência à compressão das argamassas (KATSIADRAMIS, SOTIROPOULOU, PANDERMARAKIS, 2010).

2.1.8 Materiais constituintes e seus efeitos nas propriedades reológicas da argamassa

As propriedades das argamassas autonivelantes podem ser comparadas com as do concreto autoadensável, já que ambos os materiais apresentam os mesmos princípios de adensamento, por ação da gravidade e do próprio peso. Entretanto, é importante lembrar aqui, que cada fabricante faz uso de uma formulação de acordo com as solicitações a que o contrapiso estará exposto, ou ainda, a espessura que será aplicado. Embora existam argamassas autonivelantes de diferentes bases (cimento, sulfato de cálcio, magnésio, entre outras), este trabalho tratará somente de argamassas autonivelantes cimentícias.

De qualquer forma, como todas as argamassas convencionais, as argamassas autonivelantes são basicamente formuladas com a presença de um aglomerante, no caso o cimento Portland (de 25 a 45% da massa total) e agregado miúdo (de 40 a 60%). Os 10 a 15% restantes da composição da massa é ocupado por uma série de aditivos químicos e adições minerais, que tem como objetivo modificar as características reológicas da pasta no estado fresco e suas propriedades físico-mecânicas, no estado endurecido, para atender os requisitos operacionais de instalação, carga, solicitação e durabilidade (NAKAKURA, BUCHER, 1997). Além disso, segundo Nakakura e Bucher (1997), a água de amassamento constitui cerca de 20% a 30% da massa seca total da mistura, de acordo com o tipo de destinação do material (acabamento ou regularização).

Felekoğlu *et al.* (2006) lembram que todos os materiais constituintes da argamassa autonivelante devem ser escolhidos cuidadosamente, a fim de se obter um material com composição e esqueleto granular adequado para tal fim. As propriedades físicas dos compostos, como forma, morfologia da superfície, índice de finura, tamanho, distribuição e

empacotamento das partículas, assim como as propriedades físico-químicas, como reações de hidratação e interações entre quantidade de água/materiais secos, devem ser levadas em consideração no preparo da mistura, pois afetarão as propriedades e desempenho da pasta e acarretarão em variações nos resultados.

Entretanto, ainda não há um parâmetro estipulado sobre os efeitos de todos esses fatores nas propriedades das argamassas autonivelantes, devido à complexidade de sua formulação. A correta dosagem dos materiais para a composição dessas argamassas, será definida quando o traço projetado fornecer uma melhor otimização dos seus compostos, para a trabalhabilidade em que for especificada (FELEKOĞLU et. al., 2006).

a) Cimento

O **cimento** serve como ligante hidráulico e é o principal composto aglomerante da pasta. É formado por silicatos e aluminatos de cálcio que quando entram em contato com a água, hidratam-se e dão rigidez à mistura, sem se decompor novamente com a presença de água (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Tutikian (2004) lembra que o cimento deve ser escolhido de acordo com as características que se pretende alcançar, pois cada tipo de cimento encontrado no mercado poderá trazer vantagens ou desvantagens ao fim a que se destina, já que eles apresentam muitas variações na composição, na finura de seus grãos e no intervalo de adições de suas constituições.

Martins (2008) afirma que para a confecção de argamassas autonivelantes não existe um cimento específico a ser utilizado. Entretanto, é importante lembrar que a finura e o consumo de cimento presente na mistura irão influenciar diretamente nas propriedades mecânicas e reológicas dessa argamassa, bem como irão influenciar na reatividade e na velocidade das reações químicas, durante o processo de pega e endurecimento do material (BAUER e SOUSA, 2005).

b) Agregados

O **agregado miúdo** presente nas argamassas autonivelantes tem granulometria selecionada e irá influenciar diretamente nas propriedades reológicas do material. Segundo Katsiadramis, Sotiropoulou e Pandermarakis (2010), agregados com granulometria mais grossa atuam como "obstáculos" na mistura, dificultando a fluidez da argamassa, enquanto que os grãos menores, atuam como "lubrificantes" na pasta, melhorando sua fluidez.

Segundo Christiano (2004), para alcançar a propriedade de autoadensamento das argamassas autonivelantes, os teores de areia normalmente são limitados em até 40% do volume total de argamassa. Benabed et. al. 2012, em estudo comparativo da aplicação de 3 diferentes tipos de areia (areia de britagem de calcário, areia de rio e areia de duna) em argamassas autonivelantes, demonstraram que agregados com módulo de finura mais baixos, exigem uma maior demanda de água na mistura para atingir uma elevada fluidez e viscosidade. Os autores observaram que mais água era necessária para molhar a superfície das partículas, se comparado com agregados cujos módulos de finura são maiores. No caso, a areia de duna, com módulo de finura de 0,78, demandou maior necessidade de água na mistura do que a areia de britagem de calcário e que a areia de rio, com módulo de finura de 2,21 e 2,45, respectivamente.

Martins (2009) complementa dizendo que pastas muito viscosas correm risco de não conseguirem passar por obstáculos, no caso de armaduras e malhas, além de terem uma maior dificuldade de espalhamento e de serem bombeadas. Entretanto, se a viscosidade das pastas for muito baixa, a estabilidade da mistura pode ficar comprometida e provocar exsudação e segregação dos materiais.

c) Aditivos químicos

Os **aditivos químicos**, colocados de acordo com a necessidade de cada produto, modificam as propriedades no estado fresco e endurecido do material. Guimarães (2013) afirma que os compostos autonivelantes são os sistemas mais complexos entre as argamassas industrializadas.

Para atenderem os requisitos de autonivelamento e fornecerem as propriedades de trabalhabilidade e escoamento, alguns autores afirmam que seja necessário a adição de cerca de 10 a 20 componentes químicos diferentes na mistura (ANDERBERG, 2007, GUIMARÃES, 2013 e GASPARO *et al.* 2009). Entre os componentes, estão incluídos aditivos como os superplastificantes, modificador de viscosidade, antiespumantes, retardadores, estabilizadores, aceleradores, espessantes, ligantes orgânicos e polímeros elastoméricos dispersíveis.

Os **aditivos superplastificantes** e os **aditivos modificadores de viscosidade** são os aditivos mais importantes para a produção das argamassas autonivelantes. A combinação destes produtos auxilia na produção de argamassas de cimentos de alto desempenho, com elevada fluidez e menores quantidades de água para uma mesma coesão (CHRISTIANO, 2004).

Os **aditivos superplastificantes** possibilitam uma redução de no mínimo 12% da quantidade da água de amassamento, para produzir uma pasta com mesma consistência e sem perda de resistência mecânica, conforme NBR 11768 (ABNT, 2011). Segundo Martins (2009), os superplastificantes oferecem trabalhabilidade à pasta da argamassa, garantindo sua capacidade de se espalhar e reduzir a tensão de escoamento.

Outra vantagem é a redução no consumo de cimento, mantendo a mesma consistência e resistência à compressão, reduzindo, conseqüentemente, problemas de retração. Eles dispersam de forma mais eficiente os grãos de cimento na pasta, melhorando a molhabilidade dos mesmos e dando à mistura uma composição mais homogênea. Essa composição melhora a eficiência de hidratação da pasta, diminui a porosidade, conferindo, conseqüentemente, mais resistência, durabilidade e desempenho mecânico às argamassas autonivelantes (KATSIADRAMIS, SOTIROPOULOU, PANDERMARAKIS, 2010).

Katsiadramis, Sotiropoulou, Pandermarakis (2010) reforçam que a adição de aditivos superplastificantes não tem influência absoluta sobre a resistência mecânica das argamassas autonivelantes. Esta, por sua vez, é resultante da interação entre todos os materiais e aditivos que foram incorporados em sua constituição. Jawahar et. al. (2013) lembram também que a adição de aditivos superplastificantes em excesso ou que ultrapassem o limite de saturação máxima da pasta podem provocar a segregação dos materiais da argamassa autonivelante.

Os **aditivos modificadores de viscosidade**, por sua vez, aumentam a coesão e estabilidade dos componentes da mistura, por meio de uma "formação de rede". O aditivo retém a água da pasta, mantendo as partículas finas de sua composição, em suspensão (MARTINS, 2009).

Dentre todos os aditivos, após espalhamento resultante do ensaio de fluidez, é que o tem maior influência na conformidade das bordas da mistura (MARTINS, 2009). Ele reduz os riscos de exsudação e de segregação dos constituintes da argamassa durante o processo de transporte, adensamento e assentamento, até que se inicie o processo de endurecimento do material (KHAYAT e GHEZAL, 2003).

Os **aditivos antiespumantes** modificam a tensão superficial da água de amassamento presente na argamassa e reduzem o nível de ar aprisionado durante a mistura e bombeamento, aumentando a resistência da argamassa à compressão (NAKAKURA, BUCHER, 1997 e ANDERBERG, 2007). Já os **polímeros dispersíveis**, reduzem a tendência à exsudação e à segregação do material. Melhoram as propriedades de fluxo e

tornam o material menos permeável, tornando-o, conseqüentemente, mais resistente a esforços de tração, flexão e abrasão da superfície (GUIMARÃES, 2013).

Os **ligantes orgânicos** incrementam as características de flexibilidade, resistência à abrasão e de aderência das argamassas (GUIMARÃES, 2013), enquanto os **espaçantes** evitam a segregação dos materiais na pasta. Os **retardadores**, por sua vez, aumentam o tempo em aberto da mistura e os **aceleradores** aumentam a resistência inicial (ANDERBERG, 2007 e GASPARO *et al.* 2009).

d) Adições minerais

As adições minerais, segundo Metha e Monteiro (2008), são materiais silicosos, inertes ou reativos, finamente moídos que podem ser adicionados a concretos e argamassas, em quantidades que variam de 5% a 70% da massa de material cimentício total, para melhorar ou modificar as propriedades finais dos materiais. Os minerais inertes, como fillers calcário e quartzo moído, aumentam a compacidade da mistura, enquanto os minerais reativos, representados pela cinza volante, cinza de casca de arroz, metacaulim, escória de alto forno e sílica ativa contribuem para a formação de hidratos da pasta cimentícia, aumentando sua resistência e diminuindo sua permeabilidade (METHA e MONTEIRO, 2008).

Minerais reativos podem substituir parte do cimento da argamassa autonivelante, enquanto os minerais inertes, substituem o agregado miúdo (NAKAKURA, BUCHER, 1997 e TUTIKIAN, 2004). Por apresentarem partículas de tamanho pequeno, as adições minerais realizam um efeito fíler nas misturas de concretos e argamassas. Da mesma maneira, conferem maior viscosidade, densidade e coesão à argamassa, diminuindo as chances de exsudação ou segregação da mistura (MARTINS, 2009).

Contudo, é importante observar que a substituição na mistura deve ser feita com cautela, uma vez que provocará, dependendo da forma e granulometria do material, um aumento na demanda de água, devido ao aumento da área de superfície dos constituintes da pasta. Além disso, se a adição em questão for um subproduto industrial ou ainda um resíduo, (como cinzas volantes, escórias, pó de pedra, dentre outros) promoverão uma redução no custos do material e ainda trarão benefícios ambientais.

2.1.9 Manifestações patológicas

Diante da carência de normativas específicas para as argamassas autonivelantes quanto às propriedades de desempenho, muitas empresas fornecedoras e usuárias do produto (tanto de argamassa autonivelante industrializada, como dosada em central) começaram a observar e relatar o aparecimento de manifestações patológicas desse material. Alguns dos problemas encontrados, no que se refere ao estado fresco da argamassa, conforme destaca Gomes (2013) são a segregação e a exsudação dos materiais constituintes da pasta cimentícia, por dosagem inadequada ou erros de execução.

A exsudação é uma característica extremamente importante na avaliação do proporcionamento de compósitos cimentícios, uma vez que exerce influência direta na durabilidade dos materiais (SILVA, 2011). O excesso de água de amassamento e/ou superplastificante, por exemplo, podem provocar a exsudação dos compostos da argamassa e a migração da água da mistura para a superfície do material (Figura 18). Da mesma forma que a dosagem errônea dos aditivos e as interações (ainda não conhecidas) entre os materiais adicionados na argamassa.



Figura 18 - (a) Exsudação da argamassa autonivelante depois de seca; (b) Exsudação da argamassa autonivelante ainda em estado fluído.

Fonte: (GOMES,2013)

O acúmulo de água na superfície do piso acarreta uma secagem heterogênea do pavimento, cujo resultado é o aparecimento de manchas escuras no material depois de endurecido (Figura 19) e a redução da resistência superficial nestes locais (GARCIA e BRITO, s.d.). Além de provocar a formação de vazios capilares, que comprometerão a durabilidade do material (SILVA, 2011).



Figura 19 - Aparecimento de manchas, por excesso de água de amassamento.

Fonte: (GARCIA (s.d.))

Materiais cimentícios com baixas resistências à abrasão podem gerar problemas de baixa resistência superficial e acarretar no esfarelamento do material (Figura 20).



Figura 20 - (a) Esfarelamento do contrapiso, com acúmulo de pó superficial; (b) Fragilidade superficial apresentada no contrapiso de argamassa autonivelante.

Fonte: (GOMES, 2013)

Freitas (2009) e Souza (2013) afirmam que a cura inadequada do material e a rápida perda de água da mistura, em decorrência do elevado calor de hidratação do cimento, provocam retrações por secagem no material, e conseqüentemente, colaboram para o aparecimento de fissuras no revestimento (Figura 21). Navarro, Sánchez e Gomariz (2014) complementam ainda, que utilizar espessuras muito finas de aplicação do material, também contribuem para o aparecimento das fissuras. Estas, podem aparecer cerca de até 10 dias após a aplicação da argamassa e continuar com o decorrer do tempo.



Figura 21 - (a) Fissuras por dessecação superficial do contrapiso autonivelante; (b) Fissuras encontradas em contrapiso de argamassa autonivelante.

Fonte: (GOMES, 2013) e (NAVARRO; SÁNCHEZ; GOMARIZ, 2014)

A falta de treinamento e conhecimento das propriedades do material, por parte dos operários, também é outro fator que pode acarretar problemas futuros, como a aplicação inadequada da argamassa no pavimento e o uso de espessuras impróprias, com valores superior a 2 cm, sem o uso de tela metálica (Figura 22).



Figura 22 - (a) Contrapiso removido com espessura excessiva (8cm); (b) Contrapiso com camadas exsudadas.

Fonte: (GOMES, 2013) e (SILVA, 2013)

Além disso, outra questão importante refere-se ao ar existente e incorporado na mistura durante seu preparo e aplicação. Caso não seja adequadamente removido no processo de aplicação da argamassa, o mesmo poderá ser liberado durante o processo de cura (Figura 23) resultando em mau acabamento, com o aparecimento de bolhas na superfície da mistura (CICHINELLI, 2013).



Figura 23 - Presença excessiva de bolhas superficiais, comprometendo o acabamento do contrapiso.
Fonte: (CICHINELLI, 2013)

Ainda, devido a problemas em suas características mecânicas, aliada ou não à falta de limpeza (Figura 24 - a), presença de umidade e incompatibilidade com o substrato em que for aplicada, a argamassa pode apresentar problemas de aderência e provocar o deslocamento parcial ou total do material, entre outros (Figura 24 - b).



Figura 24 - (a) Deficiência de limpeza do substrato; (b) Deslocamento do contrapiso autonivelante
Fonte: (GOMES, 2013)

2.1.10 Prescrições Normativas

Entre as prescrições normativas existentes hoje a respeito das propriedades, funcionamento e avaliação de desempenho de produtos autonivelantes, destacam-se as normas européia e americana.

A norma européia UNE-EN 13813 (AENOR, 2002) descreve as características e especificações esperadas para o desempenho de pastas autonivelantes fabricadas na Europa, de acordo com o material aglomerante destas (cimento, sulfato de cálcio, magnésio, emulsão asfáltica ou resina sintética), classificando e enumerando os ensaios físico-mecânicos aplicáveis para cada tipo de pasta, conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2 - Pastas autonivelantes e ensaios aplicáveis para cada tipo

Materiais das pastas	Resistência à compressão	Resistência à flexão	Resistência ao desgaste "Bohme"	Resistência ao desgaste "BCA"	Resistência ao desgaste por rodadura	Dureza superficial	Resistência à penetração	Resistência ao desgaste por rodadura em solo	Tempo de pega	Retração e inchamento	Consistência	Valor de Ph	Módulo de elasticidade	Resistência ao impacto	Resistência à tração	
	UNE-EN 13892-2 (AENOR, 2003)	UNE-EN 13892-2 (AENOR, 2003)	UNE-EN 13892-3 (AENOR, 2006)	UNE-EN 13892-4 (AENOR, 2003)	UNE-EN 13892-5 (AENOR, 2006)	UNE-EN 13892-6 (AENOR, 2003)	UNE-EN 12697-20 (AENOR, 2003)	UNE-EN 13892-7 (U AENOR, 2003)	UNE-EN 13454-2 (AENOR, 2003)	UNE-EN 13454-2 (AENOR, 2003)	UNE-EN 13454-2 (AENOR, 2003)	UNE-EN 13454-2 (AENOR, 2003)	UNE-EN ISO 178 (AENOR, 2013)	UNE-EN ISO 6272 (AENOR, 2013)	UNE-EN 13892-8 (AENOR, 2003)	
Cimento	N	N	N ^a (um dos três)			O	-	O	O	O	O	O	O	O	O ^a	O
Sulfato de Cálcio	N	N	O	O	O	O	-	O	O	O	O	N	O	-	O	
Oxido de Magnésio	N	N	O	O	O	N ^a	-	O	-	O	O	O	O	-	O	
Emulsão asfáltica	-	-	O	O	O	-	N	O	-	-	-	-	-	-	-	
Resina sintética	O	O	-	N ^a (um dos dois)		O	-	O	-	O	O	-	O	N ^a	N ^a	

Legenda: (N) Normativa; (O) Opcional onde seja relevante; (-) Não relevante; (^a) Somente para pastas autonivelantes utilizadas em superfícies de desgaste

Fonte: Traduzida e adaptada da UNE-EN 13813 (AENOR, 2002)

Cabe ressaltar que na grande maioria, os métodos de ensaios indicados por essa norma são ensaios já utilizados na Europa para avaliar o desempenho de materiais empregados em pisos. Como ensaios necessários para avaliação de desempenho das argamassas autonivelantes cimentícias, elenca: o ensaio de resistência à compressão e flexão, e como ensaios optativos: o ensaio de dureza superficial, ao desgaste por abrasão, tempo em aberto, retração/inchamento, consistência, valor de PH, módulo de elasticidade e resistência à tração. Os ensaios de resistência ao desgaste e ao impacto são indicados para casos em que as pastas autonivelantes sejam utilizadas como camada de acabamento final do piso.

Em casos especiais, essa norma ainda especifica que, quando exigido por alguma outra normativa ou apresentarem alguma característica em particular, podem ser realizados outros ensaios avaliativos de desempenho do produto. Aqui destaca-se os ensaios de resistência elétrica, térmica, química e ao fogo, corrosividade, permeabilidade à água e ao vapor de água, isolamento ao ruído de impacto e absorção acústica.

A norma não determina valores ideais para cada ensaio, entretanto solicita que os fabricantes de argamassas autonivelantes apresentem um elevado controle de produção e qualidade de seus produtos, desde a etapa de recebimento de matérias-primas, a inspeções

regulares dos equipamentos e ensaios nos produtos acabados. Estes, que por sua vez, devem atender todas as prescrições exigidas pela norma e comprovar, na prática, que as informações e propriedades contidas em sua embalagem, são de fato cumpridas e alcançadas.

A EFNARC, por sua vez, é uma associação nacional de empreiteiros, fabricantes, fornecedores de matéria prima e consultores da indústria da construção civil européia, com membros de diversos países, fundada em 1989. Reconhecida internacionalmente, ela auxilia e contribui, desde a sua formação, em diversas áreas da construção, emitindo relatórios técnicos e colaborando com especificações de normas e certificações européias. Além disso, com base em uma ampla experiência prática, orienta a produção, utilização e concepção de tecnologias construtivas de alta qualidade, que fazem uso de concretos e argamassas auto-adensáveis nas edificações.

A instituição em questão emitiu dois importantes documentos sobre o assunto nos anos de 2001 e 2002: o primeiro, que descreve métodos de ensaios para avaliar pisos cimentícios autonivelantes modificados por polímeros, de uso industrial e comercial (EFNARC,2001) , e o segundo, onde descreve procedimentos de ensaios para avaliar propriedades de concretos auto-adensáveis, mencionando métodos para determinar e avaliar propriedades no estado fresco de argamassas autonivelantes (EFNARC,2002).

O documento emitido em 2001, direcionado exclusivamente para os pisos autonivelantes modificados por polímeros, aplicados tanto como camada intermediária ou superfície final do piso, estabelece, além dos ensaios necessários para a avaliação de desempenho do produto, parâmetros mínimos esperados para o mesmo. O documento traz como métodos obrigatórios de avaliação os ensaios de resistência à compressão, à flexão, à abrasão, ao arrancamento e ao impacto, e como métodos opcionais os ensaios de consistência, resistência ao escorregamento e permeabilidade ao vapor de água. Tais prescrições e parâmetros podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3 - Requisitos de desempenho para pisos cimentícios autonivelantes modificados com polímeros

Classificação conforme uso pretendido	Características de desempenho	Método de ensaio especificado	Requisitos
A	Resistência à compressão	UNE-EN 13892-2	\geq C20
A	Resistência à flexão	UNE-EN 13892-2	\geq F5
A	Resistência à abrasão	UNE-EN 13892-4 (BCA) ou UNE-EN 13892-5 (Rolling Wheel)	AR 2, ou melhor RWA 10, ou melhor
A	Resistência de arrancamento ao substrato	UNE-EN 1542, usando como referência UNE-EN 1766 para substratos de concreto (relatar a área de ruptura)	\geq 1.0 MPa
A	Resistência ao impacto	ISO 6272 (quando ligado a uma superfície de concreto de acordo com a UNE-EN 13892-1)	\geq 4 Nm
B	Consistência (para misturas bombeadas)	UNE-EN 13454-2 ou UNE-EN 12706	\geq 220 mm \geq 130 mm
B	Resistência ao escorregamento (molhado)	UNE-EN 13036-4 (Pêndulo de deslizamento)	\geq 40, quando testado molhado (ver secção 8.2 para requisito detalhado)
B	Permeabilidade ao vapor de água	UNE-EN 12086	\leq 4 g/(m ² .d)

Classificação para o uso pretendido:

A - Requisito obrigatório para todas as utilizações previstas - métodos de teste padrão e limites de desempenho são especificados.

B - Exigência especial para situações particulares - métodos de teste padrão é especificado e os limites de desempenho

especificados ou o resultado declarado no pedido.

Fonte: Traduzida de EFNARC (2001)

O documento emitido em 2002, direcionado para concretos auto-adensáveis, menciona métodos (mini Slump-Test e mini Funil-V) para verificar a proporção ideal de água/pó e aditivo superplastificante em argamassas autonivelantes, e ainda cita parâmetros para avaliar a velocidade de propagação, tempo de fluxo e consistência das argamassas (os métodos serão explicados no capítulo 3 deste trabalho).

A norma americana ASTM C1708 (2012), por sua vez, prescreve os métodos de testes adequados para avaliar o desempenho de argamassas autonivelantes, no estado fresco e no estado endurecido. Como ensaios a serem realizados no estado fresco, enumera: fluxo inicial (consistência), fluxo de retenção (perda de trabalhabilidade) e tempo de cicatrização (capacidade da argamassa em voltar ao seu estado original de nivelamento, sem apresentar deformações, após sofrer alguma vibração). Como ensaios no estado endurecido, ressalta: resistência à compressão e à flexão, tempo de pega e estabilidade dimensional.

Diferentemente da norma européia UNE-EN 13813 (AENOR, 2002), a norma americana já apresenta alguns métodos de ensaios próprios para avaliação das argamassas autonivelantes, como o ensaio de fluxo de retenção e o tempo de cicatrização. Os demais ensaios indicados remetem a métodos utilizados no país para a avaliação de pastas e argamassas cimentícias.

Todavia, assim como a européia, também não estipula parâmetros mínimos ou máximos esperados para cada ensaio, porém prepondera que para os ensaios realizados no estado fresco da argamassa, deve-se estabelecer um faixa de fluxo aceitável para uma argamassa com propriedades autonivelantes. A mistura não deve, por exemplo, apresentar consistência muito elevada a ponto de comprometer sua adensabilidade, nem uma faixa de vazão muito alta, de modo que o elevado teor de água na mistura comprometa suas propriedades físicas, no estado endurecido. Já o tempo de retenção e cicatrização da mistura deve fornecer um tempo em aberto suficiente a ponto de não comprometer a aplicação e o acabamento da mesma.

Observa-se assim, que de uma forma geral, a normatização estrangeira (européia e americana) é muito mais avançada do que a brasileira, quando aborda revestimentos de pisos, uma vez que as mesmas já tratam de métodos e prescrições próprios para avaliação de argamassas autonivelantes. Tal fato se justifica pelo uso do produto ter sido empregado primeiramente nestes países e chegado ao Brasil há relativamente pouco tempo.

Reforça-se assim, a necessidade de um maior conhecimento dos produtos de argamassas autonivelantes que estão sendo lançados no país, uma vez que eles já estão sendo aplicados nos canteiros de obras, bem como à respeito das propriedades da camada de contrapiso, que por sua vez é praticamente inexistente e desconsiderada no cenário atual. Este trabalho vem então ao encontro de tais necessidades, ampliando o conhecimento sobre esses produtos, para que seu comportamento seja entendido e seu uso possa ser difundido no setor da construção civil.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental empregado para o desenvolvimento desta pesquisa foi montado esquematicamente, conforme demonstrado na Figura 25, e dividido em etapas, que serão explicadas na sequência.



Figura 25 - Etapas do Programa Experimental

ETAPA 1 - Revisão bibliográfica: compreende toda a parte de pesquisa e levantamento bibliográfico do assunto em questão. Foram levantadas as pesquisas realizadas sobre o assunto e os aspectos mais relevantes relacionados ao material do estudo propriamente dito.

ETAPA 2 - Levantamento e coleta de dados: nesta etapa foi feito o levantamento e coleta dos dados necessários para o desenvolvimento posterior da pesquisa, que compreendeu: a) o levantamento e escolha dos traços mais utilizados em obra, na cidade de Porto Alegre, para a execução dos contrapisos; b) o levantamento das argamassas

autonivelantes de contrapisos existentes no mercado; c) a escolha de 3 fabricantes de contrapiso autonivelante para a realização do estudo.

ETAPA 3 - Determinação das variáveis de resposta: nesta fase foram escolhidas as variáveis de respostas para analisar o comportamento do material em questão.

ETAPA 4 - Determinação dos fatores controláveis: foram estipuladas as delimitações desta pesquisa, com os fatores que foram controlados durante o desenvolvimento de toda a matriz experimental.

ETAPA 5 - Determinação da matriz experimental: etapa em que se definiu a matriz experimental empregada na pesquisa, montada a partir das variáveis de respostas e dos fatores controláveis estipulados nas etapas anteriores. A matriz experimental compreendeu, ainda, algumas etapas:

a) Caracterização dos materiais: foram realizadas as caracterizações físicas e químicas dos materiais e das argamassas utilizadas no experimento;

b) Ensaios de laboratório: que compreendeu todo o desenvolvimento do programa experimental de laboratório necessário para a obtenção dos dados e resultados físicos e mecânicos esperados: a confecção das placas de concreto, que serviram como substrato para aplicação das argamassas; a aplicação das argamassas de contrapiso (2 dosadas em obra e 3 autonivelantes) no substrato mencionado; e a execução dos ensaios físicos e mecânicos necessários para a caracterização das argamassas.

ETAPA 6 - Análise dos resultados: foram feitas todas as análises e discussão dos resultados obtidos nos ensaios de laboratório, com base em bibliografia específica.

3.1.1 Levantamento e coleta de dados

Na primeira etapa da coleta de dados desta pesquisa, foi realizado um levantamento de campo, em obras da cidade de Porto Alegre, para verificar quais métodos de execução de contrapiso que mais vêm sendo utilizados na construção civil local. Os resultados desse levantamento, para uma amostra de 15 obras, de diferentes empresas, são demonstrados na Figura 26.

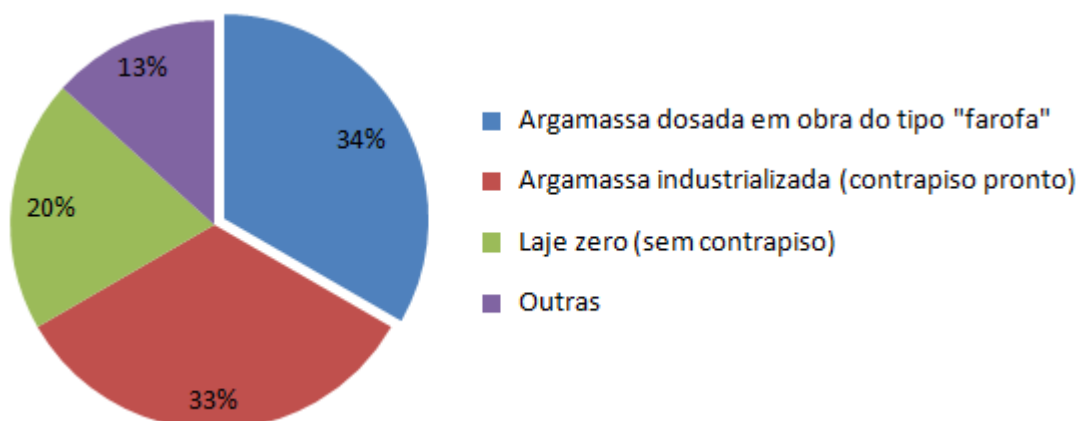


Figura 26 - Métodos utilizados para execução de contrapisos na cidade de Porto Alegre.

A partir do levantamento é possível observar que 20% das obras, continuam executando o sistema de "laje zero" para o acabamento da laje. Entretanto, conforme já mencionado, esse sistema tem se mostrado pouco eficiente frente a nova norma de desempenho NBR 15575-1 (ABNT, 2013), com desempenho pouco satisfatório frente às prescrições normativas para o conforto acústico das edificações.

Observa-se, também, que 34% das obras utilizam o método convencional de contrapiso, com argamassa dosada em obra, do tipo "farofa". A utilização de argamassas industrializadas, ou seja, de argamassas ensacadas para contrapiso pronto, correspondem a 33%. Nota-se que a construção civil, principalmente da cidade de Porto Alegre, já está incorporando novas técnicas de execução de contrapiso mais versáteis e menos trabalhosas que os convencionais métodos de argamassa dosada em obra. O mercado está buscando por soluções tecnológicas que otimizem tempo e racionalizem o canteiro de obra, contudo, o uso da argamassa autonivelante, quando da realização deste levantamento, não foi relatada.

Neste levantamento, também foi verificado, dentre as empresas que utilizam o sistema de contrapiso "farofa", qual era o traço mais empregado para o preparo das argamassas. Como resultado constatou-se que os traços de 1:3 e 1:4 (cim:areia, em volume de areia úmida) são

os mais utilizados, correspondendo, respectivamente, com 13,6% e 20,4%, da amostragem de 34% que fazem uso desse tipo de argamassa para a confecção do contrapiso.

Na terceira etapa de coleta de dados, foi feito um levantamento no mercado brasileiro da construção civil das empresas fabricantes de argamassas autonivelantes para contrapiso, a qual na ocasião, foram encontradas 9 empresas. Destas, três foram selecionadas para fazerem parte deste estudo. A escolha das argamassas se deu pelo reconhecimento da empresa fabricante na área de materiais de construção e pelo cumprimento das mesmas nos parâmetros de controle de qualidade dos seus produtos. Por questões de ética e proteção, os nomes dos fabricantes escolhidos não serão divulgados neste trabalho.

3.1.2 Determinação das variáveis de resposta

Para eleger as variáveis de resposta que fizeram parte do programa experimental desta pesquisa, foram analisadas as normativas estrangeiras (européia e americana) e referências bibliográficas sobre o assunto. A partir destes parâmetros, foram escolhidos os ensaios considerados necessários para avaliar e compreender as propriedades das argamassas, quando aplicadas na execução de contrapisos. Os ensaios escolhidos foram:

- a) resistência à compressão;
- b) resistência à tração por compressão diametral;
- c) módulo de elasticidade;
- d) densidade de massa aparente;
- e) absorção de água por capilaridade;
- f) resistência de aderência ao arrancamento;
- g) dureza superficial;

Os ensaios de resistência à compressão, à tração e módulo de elasticidade são alguns dos ensaios que podem ser realizados para avaliar as propriedades do contrapiso, sua estabilidade e capacidade de resistir ao esmagamento. Já os ensaios densidade de massa aparente e absorção de água por capilaridade são necessários para avaliar a compacidade e porosidade capilar da argamassa, que estão diretamente relacionadas a durabilidade e estanqueidade do contrapiso.

A avaliação da resistência de aderência das argamassas ao arrancamento, por sua vez, avaliaram a aderência entre as interfaces base-contrapiso em situações normais de uso. Para este caso ainda será estudado o efeito de uma cura com ciclos de aquecimento no processo de secagem do material, com o objetivo de avaliar se a grande variação térmica (alcançada em épocas de verão no Rio Grande do Sul) geram algum efeito sobre estas propriedades. O ensaio de dureza superficial por sua vez, leva em consideração a compacidade e resistência superficial da camada de contrapiso em resistir ao desgaste e à abrasão.

O conjunto destes ensaios contribuirá para o maior entendimento do comportamento das argamassas autonivelantes que estão sendo lançadas no mercado, para o emprego em contrapisos. Contudo, é importante lembrar que a qualidade das argamassas para contrapisos, não se limitam somente a essas variáveis. Outros parâmetros podem vir a ser avaliados em estudos futuros.

3.1.3 Determinação dos fatores controláveis

Para esta pesquisa, foram estabelecidos fatores que seriam controlados durante todo o desenvolvimento da matriz experimental. Esses fatores são importantes para delimitar a pesquisa em questão, de acordo com o tempo disponível para o desenvolvimento da mesma e servir de base para a reprodutibilidade, por outros pesquisadores, em pesquisas futuras. Os fatores elencados foram:

- a) tipo de cimento que foi utilizado no traço das argamassas dosadas em obra e na confecção dos substratos: CP IV;
- b) resistência do substrato base: $f_{ck} = 30$ MPa;
- c) traços das argamassas dosadas em obra: 1:3 e 1:6 (cim:areia, em volume e areia úmida) convertidos posteriormente para massa e areia seca; Neste caso a umidade crítica considerada foi de 3,8%.
- d) relação água/cimento (a/c): Para as argamassas dosadas em obra foi de 10% (em relação a massa dos materiais secos), estipulada conforme consistência requerida em obra e recomendada por Souza e Mekbekian (1996). Para as argamassas autonivelantes foi conforme especificações dos fabricantes;
- e) tratamento superficial do substrato: lavagem das placas e/ou conforme especificações do fabricante;

- f) ponte de aderência entre a interface substrato/contrapiso: para a argamassa dosada em obra (polvilhamento de cimento) e para a argamassa autonivelante (conforme especificações do fabricante).
- g) tipo de aplicação do contrapiso: aderido ao substrato;
- h) tipo de argamassa autonivelante: indicada para uso residencial/comercial;
- i) espessura de aplicação das argamassas para o contrapiso: $20\text{mm}\pm 1\text{mm}$.

A escolha do cimento CP IV para confecção das argamassas dosadas em obra e para as placas de concreto, que foram utilizadas como substrato de aplicação, foi dada com base na disponibilidade desse material no mercado cimenteiro da região e sua grande empregabilidade em projetos de sistemas de pisos, em obras da construção civil da região sul do Brasil (SENISSE, 2010). A resistência característica estipulada para as placas de concreto foi de 30 MPa, por ser uma resistência usualmente utilizada em obras.

Os traços das argamassas utilizados para confecção do contrapiso do tipo "farofa" foram definidos a partir da etapa de levantamento e coleta de dados, onde, estabeleceu-se que o proporcionamento **1:3** em volume de areia úmida (utilizado na construção civil da cidade de Porto Alegre) seria o "limite" de traço mais resistente adotado para as análises deste estudo, e que o proporcionamento **1:6** em volume de areia úmida, indicado pela NBR 13753 (ABNT, 1996), mencionado anteriormente, para execução de contrapisos, seria o "limite" de menor resistência.

Os traços foram escolhidos para que pudesse ser feita a análise de desempenho entre o traço que está sendo usado em obra e o traço que é recomendado por norma, mesmo sendo este último um traço pobre. A relação água/cimento, por sua vez, foi estipulada em função da consistência que é requerida em obra para sua aplicação em contrapisos (10% em relação a massa dos materiais secos), e para o caso das argamassas autonivelantes foi dada em função das especificações do fabricante, para não comprometer o correto funcionamento e dosagem do produto.

O tratamento superficial dos substratos, foi o mesmo para todos os casos de aplicação das argamassas: foi realizada uma lavagem das placas de concreto, para retirar qualquer resquício de óleo desmoldante ou poeira que pudesse ter ficado aderido na superfície do mesmo, e com isso causar falhas que pudessem prejudicar nos resultados obtidos no ensaios de aderência. Em caso especial, por recomendação do fabricante, foi realizado

outro tipo de tratamento na placa, para não comprometer o funcionamento da argamassa autonivelante testada (ver capítulo 3.3).

Para a aplicação da ponte de aderência entre as argamassas "farofas" e o substrato base, conforme as referências bibliográficas, foi realizado o processo de polvilhamento de cimento sobre a laje. Para a aplicação das argamassas autonivelantes, conforme especificações e recomendações dos fabricantes, de forma a não comprometer com o funcionamento do produto, foi utilizado "primers" próprios e específicos para tal.

O contrapiso aplicado nos substratos foi do tipo aderido, ou seja, o contrapiso não recebeu nenhuma camada de tratamento térmico ou acústico anterior à sua aplicação, ficando em contato direto com a base de concreto. As argamassas autonivelantes utilizadas são todas destinadas para o uso comercial/residencial e tiveram (igualmente para as do tipo "farofa") espessura de aplicação limitada em 20mm, de forma que pudessem ser utilizadas para o estudo, seguindo as recomendações e limitações de aplicação dos respectivos fabricantes.

3.1.4 Determinação da matriz experimental

Definidas as variáveis de resposta e os fatores controláveis, foi elaborada a matriz experimental empregada durante todo este estudo. A matriz experimental, demonstrada na Figura 27, relaciona o tipo de argamassa utilizada com a caracterização feita dos materiais, e os ensaios realizados no estado fresco e endurecido.



Figura 27 - Matriz Experimental do estudo proposto.

Na Tabela 4 e na Tabela 5, são apresentadas as idades que foram realizados os ensaios, com o quantitativo e dimensão dos corpos-de-prova moldados, para cada experimento proposto, para o caso do substrato de concreto e argamassas utilizadas, respectivamente.

Tabela 4 - Idade, número e dimensão de corpos-de-prova por ensaio do concreto utilizado para a confecção das placas do substrato (no estado endurecido)

ENSAIO - ESTADO ENDURECIDO	NORMA	IDADE DE ENSAIO (dias)	Nº (mínimo) DE CP'S POR IDADE	DIMENSÃO DOS CP'S
Resistência à compressão	NBR 5739/2007	28	5	10 x 20 cm
Absorção de água por capilaridade	NBR 9779/2013	28	5	10 x 20 cm

Tabela 5 - Idade, número e dimensão de corpos-de-prova de argamassa por ensaio (no estado endurecido)

ENSAIO - ESTADO ENDURECIDO	NORMA	IDADE DE ENSAIO (dias)	Nº (mínimo) DE CP'S POR IDADE	DIMENSÃO DOS CP'S (cm)
Resistência à tração por compressão diametral	NBR 12041/2012	1*, 7 e 28	5	5 x 10
Resistência à compressão	NBR 12041/2012	1*, 7 e 28	8	5 x 10
Módulo de elasticidade dinâmico	NBR 15630/2009	28	5	5 x 10
Densidade de massa aparente	NBR 13280/2005	28	5	5 x 10
Absorção de água por capilaridade	NBR 15259/2005	28	5	5 x 10
Resistência de aderência à tração	NBR 13528/2010	28	2 placas	25 x 35 x 5
Dureza superficial	NBR 7584/2013	28	2 placas	25 x 35 x 10

*Idade de ensaio realizada somente para amostras de argamassa autonivelantes.

3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Todos os materiais que foram utilizados para a realização desta pesquisa são especificados nos itens a seguir:

3.2.1 Cimento

O cimento utilizado para desenvolvimento da pesquisa foi o cimento Portland pozolânico (CP IV), cujas características foram obtidas com o fabricante, com ensaios realizados no Laboratório de Cerâmica (LACER) e com ensaios realizados no Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC), ambos da UFRGS. Dentre os ensaios complementares estão o ensaio de caracterização química por fluorescência de raios-X, área superficial, massa unitária conforme NM 45 (ABNT, 1996) e massa específica segundo NBR NM 23 (ABNT, 2000). Os resultados dos ensaios constam na Tabela 6.

Tabela 6 - Caracterização do cimento CP IV utilizado

CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO			
QUÍMICA			
Características avaliadas (% massa)	Resultados fabricante	Exigências da NBR 5736/1991	
SO ₃	2,44	≤ 4,00	
MgO	4,50	≤ 6,50	
Perda ao fogo	3,87	≤ 4,50	
Resíduo Insolúvel	31,41	-	
FÍSICA			
Características avaliadas	Resultados (fabricante)	Resultados (LAMTAC/NORIE)	Exigências da NBR 5736/1991
Massa Específica (g/cm³)	-	2,79	-
Massa unitária (g/cm³)	-	0,792	-
Expansão à quente	0,0	-	≤ 5,00
Tempo de pega (h:min)	Início	4:26	≥ 1,0
	Fim	4:95	≤ 12,0
Área superficial	-	4142,0 m ² /g	-
MECÂNICA			
Resistência à compressão	Idade (dias)	Resultados (fabricante)	Exigências da NBR 5736/1991
	3	22,0	≥ 10,0
	7	27,0	≥ 20,0
	28	38,8	≥ 32,0

3.2.2 Agregados

Para o proporcionamento dos materiais foram utilizados agregados miúdo e graúdo, ambos provenientes do estado do Rio Grande do Sul. Estes agregados são especificados nos itens que seguem.

3.2.2.1 Agregado miúdo

O agregado miúdo empregado nesta pesquisa é de origem quartzosa natural, adquiridas no município de Porto Alegre (RS). O agregado foi caracterizado quanto as suas propriedades físicas, seguindo os ensaios da composição granulométrica recomendados pela NBR NM 248 (ABNT, 2003), determinação de massa específica segundo NBR NM 52 (ABNT, 2009), determinação da massa unitária especificado pela NM 45 (ABNT, 1996) e ainda determinação da absorção de água segundo NBR NM 30 (ABNT, 2000).

Para a execução dos ensaios propostos, as amostras foram submetidas inicialmente ao processo de quarteamento, para que a caracterização da amostra representasse o material em sua totalidade. Todos os ensaios foram realizados no LAMTAC/NORIE. Os resultados do processo de caracterização do agregado miúdo são demonstrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Caracterização física do agregado miúdo.

AGREGADO MIÚDO		
Abertura das peneiras (mm)	AMOSTRA	
	Média retida (%)	Média retida acumulada (%)
4,75	2	2
2,36	4	6
1,18	9	15
0,6	19	34
0,3	41	75
0,15	18	93
0,075	7	100
< 0,075	0	100
Módulo de Finura		2,25
Dimensão máxima (mm)		4,75
Massa Específica (g/cm³)		2,63
Massa unitária (g/cm³)		1,55
Absorção de água (%)		0,85

3.2.2.2 Agregado graúdo

O agregado graúdo empregado na confecção dos substratos de concreto para esta pesquisa é de origem basáltica, proveniente do município de Porto Alegre (RS). O agregado foi caracterizado quanto as suas propriedades físicas, seguindo os ensaios de composição granulométrica recomendados pela NBR NM 248 (ABNT, 2003), determinação de massa específica segundo NBR NM 53 (ABNT, 2009), determinação da massa unitária de acordo com NM 45 (ABNT, 1996) e determinação da absorção de água recomendada pela NBR NM 53 (ABNT, 2009).

Da mesma forma que para o agregado miúdo, as amostras utilizadas para o processo de execução dos ensaios de caracterização foram submetidas inicialmente ao processo de quarteamento, para que a amostra representasse o material como um todo. Os ensaios foram realizados no LAMTAC/ NORIE, da UFRGS. Os resultados do processo de caracterização do agregado graúdo são demonstrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Caracterização física do agregado graúdo.

AGREGADO GRAÚDO		
Abertura das peneiras (mm)	AMOSTRA	
	Média retida (%)	Média retida acumulada (%)
19	6	6
9,5	93	99
4,75	1	100
2,36	0	100
1,18	0	100
0,6	0	100
0,3	0	100
0,15	0	100
Módulo de Finura		7,05
Dimensão máxima (mm)		25
Massa Específica (g/cm³)		2,95
Massa unitária (g/cm³)		1,62
Absorção de água (%)		0,55

3.2.3 Água

A água utilizada na confecção de todos os substratos de concreto e das argamassas, é proveniente da rede de abastecimento pública, fornecida pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), da cidade de Porto Alegre (RS).

3.2.4 Argamassas autonivelantes

As argamassas autonivelantes são identificadas no decorrer do trabalho como "Fabricante 1", "Fabricante 2" e "Fabricante 3", respectivamente. A caracterização química das argamassas autonivelantes utilizadas, foi realizada pelo LACER, através de fluorescência de raios-X. O resultado dessa caracterização é demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Caracterização química das argamassas autonivelantes utilizadas

Características avaliadas	Resultados (LACER)		
	ARGAMASSA AUTONIVELANTE FABRICANTE 1 (% massa)	ARGAMASSA AUTONIVELANTE FABRICANTE 2 (% massa)	ARGAMASSA AUTONIVELANTE FABRICANTE 3 (% massa)
CaO	57,19	44,61	46,11
SiO ²	19,08	12,97	12,34
SO ³	7,86	12,60	9,70
Al ² O ³	3,76	7,08	6,57
Fe ² O ³	3,75	0,89	2,51
K ² O	0,73	0,41	0,51
MgO	0,72	2,84	0,94
SrO	0,44	0,18	0,15
TiO ²	0,31	0,39	0,41
P ² O ⁵	0,22	0,06	0,07
MnO	0,11	-	0,15
Cl	0,11	0,06	0,05
CuO	-	0,03	0,03
ZnO	-	0,02	0,02
Perda ao fogo	5,72	17,85	20,41

Para caracterização física das argamassas foi realizado o ensaio de granulometria, para verificação do tamanho médio das partículas do material e sua distribuição. Para tal, foi feito um peneiramento do material, nas peneiras da série normal conforme estipulado pela NBR NM 248 (ABNT, 2003), para obter sua curva granulométrica. Entretanto, com parte significativa do material ficou acumulada no fundo das peneiras (muito provavelmente pela incorporação de adições nas misturas), foi ainda realizada, no LACER, uma granulometria à laser desse material acumulado, para complementar a análise granulométrica das argamassas em questão. Ainda em paralelo, foram também realizados os ensaios de massa unitária, massa específica e a análise da área superficial das argamassas. Os resultados destes ensaios constam na Tabela 10 que segue:

Tabela 10- Caracterização física das argamassa autonivelantes utilizadas

Abertura das peneiras (mm)		ARGAMASSA AUTONIVELANTE FABRICANTE 1		ARGAMASSA AUTONIVELANTE FABRICANTE 2		ARGAMASSA AUTONIVELANTE FABRICANTE 3	
		Média retida (%)	Média retida acumulada (%)	Média retida (%)	Média retida acumulada (%)	Média retida (%)	Média retida acumulada (%)
Série normal (NM 248/2003)	4,75	0	0	0	0	0	0
	2,36	0	0	0	0	0	0
	1,18	11	11	0	0	0	0
	0,600	7	18	0	0	0	0
	0,300	4	22	17	17	19	19
	0,150	32	54	18	35	20	39
	FUNDO	46	100	65	100	62	100
Granulometria à laser	<150 µm	Diâmetro a 10% (µm)	2,50		1,96		1,71
		Diâmetro a 50% (µm)	20,98		26,73		13,58
		Diâmetro a 90% (µm)	128,68		117,16		41,14
Módulo de Finura		1,05		0,52		0,58	
Dimensão máxima (mm)		2,36		0,60		0,60	
Massa Específica (g/cm³)		2,73		2,66		2,64	
Massa unitária (g/cm³)		1,32		1,32		1,10	
Área superficial (cm²/g)		3773,0		3880,0		3829,0	

Os primers utilizados, antes da aplicação das argamassas autonivelantes, para o preparo do substrato (ver capítulo 3.3.3), são à base de resina e/ou copolímero acrílico estirenado.

3.3 PRODUÇÃO DO CONCRETO EMPREGADO COMO SUBSTRATO

Os procedimentos para a realização da dosagem e produção das placas de concreto que foram utilizadas como base para aplicação das argamassas, dos cp's cilíndricos de concreto e das argamassas (dosada em obra e autonivelantes) são descritos a seguir.

3.3.1 Dosagem do concreto

Para alcançar a resistência à compressão pré-estabelecida nos parâmetros do programa experimental com fck 30 MPa, com a utilização do cimento CP IV, foi adotado o método de dosagem do IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), a qual foi utilizado a

obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm. Os resultados constam na Tabela 11.

Tabela 11 - Proporcionamento do concreto obtido pelo método de Helene e Terzian (1992)

Traço unitário	Relação água/cimento (a/c)	Resistência média 28 dias (MPa)	Consumo de cimento (kg/m ³)	Relação água/materiais secos (%)	Abatimento (mm)
1: 3,5	0,41	45,4	506,7	9,03	95
1: 5,0	0,48	35,2	387,1	8,05	85
1: 6,5	0,61	25,1	316,1	8,10	95

Através desse método, foi possível estipular as curvas de dosagens, para o cimento especificado e os materiais adotados, a partir de um diagrama composto por quatro eixos com parâmetros relacionados entre si: resistência à compressão do concreto aos 28 dias, relação a/c, traço unitário (m) e consumo de cimento (C). O diagrama de dosagem encontrado para esta pesquisa, seguindo o método descrito e com os materiais propostos para esta pesquisa, constam na Figura 28.

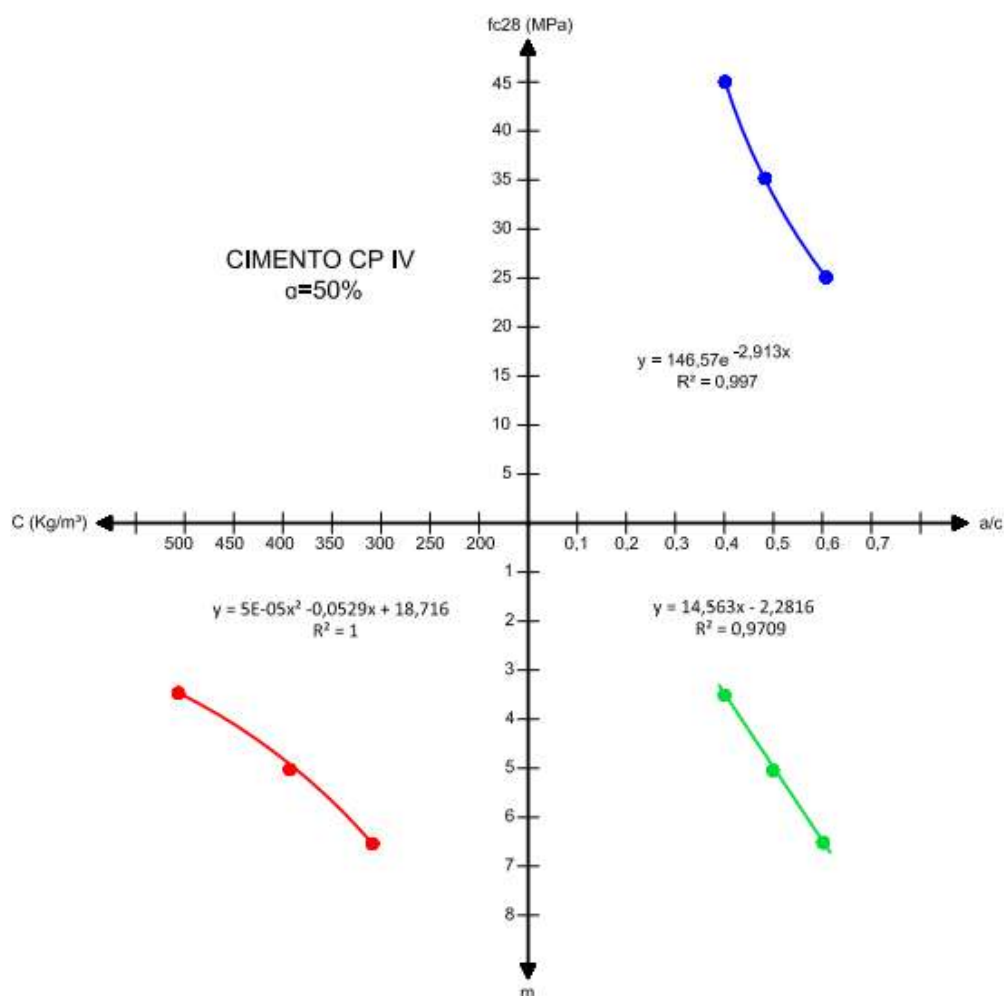


Figura 28 - Diagrama de dosagem para os materiais utilizados na pesquisa

A partir do gráfico de dosagem, foi estipulado o f_{ck} necessário para a confecção das placas, onde utilizou-se a equação:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \cdot S_d \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

f_{cj} = resistência à compressão na idade de "j" dias;

f_{ck} = resistência característica do concreto;

S_d = desvio padrão de dosagem

A escolha do desvio padrão (S_d) foi decorrente das prescrições normativas da NBR 12655 (ABNT, 2006), onde adotou-se um valor de $S_d = 4$, correspondente a condição A de controle de produção de concreto, para cimento, agregados e água medidos em massa. Assim, os valores de proporcionamento do concreto utilizado para a confecção dos substratos são expostos na Tabela 12:

Tabela 12 - Proporcionamento utilizado para confecção dos substratos de concreto

Dosagem	α %	Traço			Propriedades		Consumo de cimento (kg/m^3)	
		cim	areia	brita	(a/c)	H (%)		abatimento (mm)
1: 4,4	50	1	1,70	2,70	0,46	8,52	100 \pm 20	438,5

α %: teor ideal de argamassa; a/c: relação água/cimento; H%: relação água/materiais secos

3.3.2 Moldagem das placas e corpos-de-prova de concreto

Para que ocorresse uma única moldagem dos corpos-de-prova e aplicação no estado fresco de cada argamassa estudada, de forma que os resultados representassem fielmente o material em questão (objeto principal de estudo desta pesquisa), optou-se por ser realizada uma betonada de concreto para cada argamassa estudada, não sendo possível assim, realizar a aleatorização das concretagens executadas.

O processo de mistura dos materiais foi realizado em uma betoneira de eixo vertical, previamente imprimada, com uma mistura de cimento, areia e água. A ordem de colocação dos materiais dentro da betoneira seguiu o mesmo critério para todas as betonadas: agregado graúdo, 30% de água, cimento, 30% de água, agregado miúdo e o restante de água, necessário para a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm. O controle do abatimento do concreto foi realizado seguindo as prescrições da NBR NM 67 (ABNT, 1998).

Todos os corpos-de-prova, referentes a uma betonada de concreto, foram moldados simultaneamente. Anteriormente a este processo, foi aplicado desmoldante (óleo mineral) em todas as fôrmas, para facilitar o processo de desforma, após 24h.

Para cada betonada de concreto necessária para a confecção dos substratos de concreto utilizados como base de aplicação das argamassas, foram moldados 4 placas com dimensões de 25x35x5cm e 10 cp's cilíndricos com dimensões de 10x20cm (Figura 29) para serem utilizados nos ensaios de controle de resistência à compressão e absorção de água por capilaridade. O adensamento do concreto foi feito de acordo com o especificado pela NBR 5738 (ABNT, 2003) e a cura, submersa em água saturada com cal.

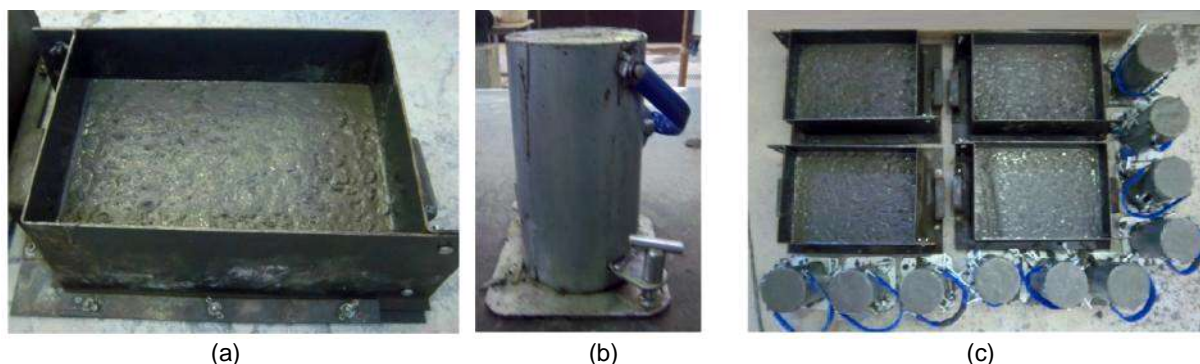


Figura 29 - (a) cp's prismáticos moldados; (b) cp's cilíndricos moldados; (c) totalidade de cp's moldados por betonada de concreto.

3.3.3 Preparo das placas de concreto

Após 20 dias da data de moldagem, todas as placas de concreto foram lavadas com água em temperatura de 40°C e escovadas com uma esponja macia (Figura 30 (a)), de modo a retirar qualquer resquício de óleo que tenha ficado impregnado na superfície da placa, durante o processo de moldagem e que pudesse influenciar nos resultados do ensaio de aderência da argamassa ao substrato. Em seguida as placas foram encaminhadas para uma estufa, onde permaneceram por um período de 24 horas a uma temperatura de 60°C para sua secagem superficial (Figura 30 (b)).



Figura 30 - Placas de concreto utilizadas como substrato: (a) Lavagem da placa de concreto; (b) aspecto das placas após secagem

Na sequência, aos 21 dias, foi realizada a aplicação das argamassas para todas as betonadas de concreto executadas. Inicialmente, foram colocadas em torno das placas de concreto um gabarito de madeira, (Figura 31 (a)) para que a espessura da argamassa estipulada no planejamento do experimento (de 2cm) fosse alcançada. Em seguida, os vãos entre as placas e o gabarito de madeira foram selados com silicone, para evitar que a argamassa autonivelante escoasse e se perdesse no momento da aplicação (Figura 31 (b)).

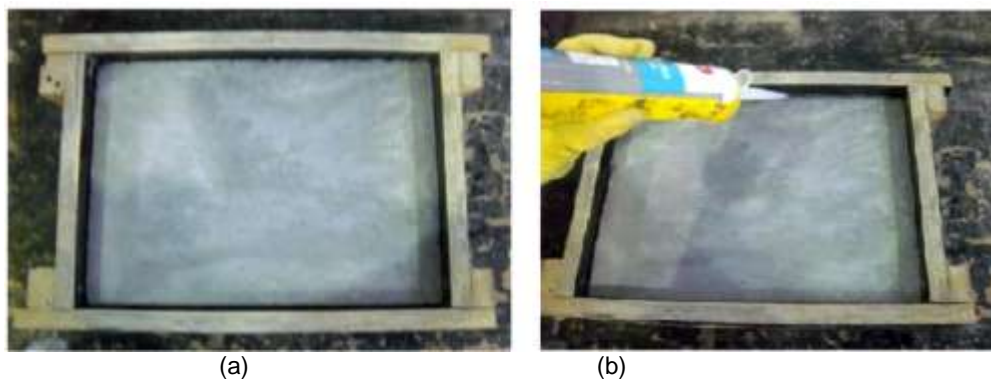


Figura 31 - Placa de concreto com o gabarito de madeira: (a) aspecto do conjunto; (b) aplicação do silicone entre o gabarito e a placa de concreto

Em seguida os substratos de concreto receberam, de acordo com a argamassa que seria aplicada, a ponte de aderência necessária para correta ligação entre os materiais. Cada argamassa analisada foi aplicada em 4 placas de concreto, totalizando 20 placas para todo o experimento.

As placas de concreto que receberam aplicação de argamassa farofa foram primeiramente umedecidas (sem formar poças) (Figura 32 (a)) e em seguida ganharam um polvilhamento de cimento ($0,5\text{kg/m}^2$) com o auxílio de uma peneira (Figura 32(b)). Imediatamente o cimento polvilhado foi espalhado pelo substrato com uma escova de cerdas macias, para misturá-lo com a água (Figura 32 (c)), conforme recomenda Souza e Mekbekian (1996). Tal processo é executado nos dias de hoje por várias empresas construtoras brasileiras (FRICKMANN, 2006; COUTO, 2011 e REIS, 2013), com o objetivo de criar uma fina película sobre o substrato com a função de melhorar a ligação entre a base e a argamassa semi-seca aplicada (ABCP, 2002).

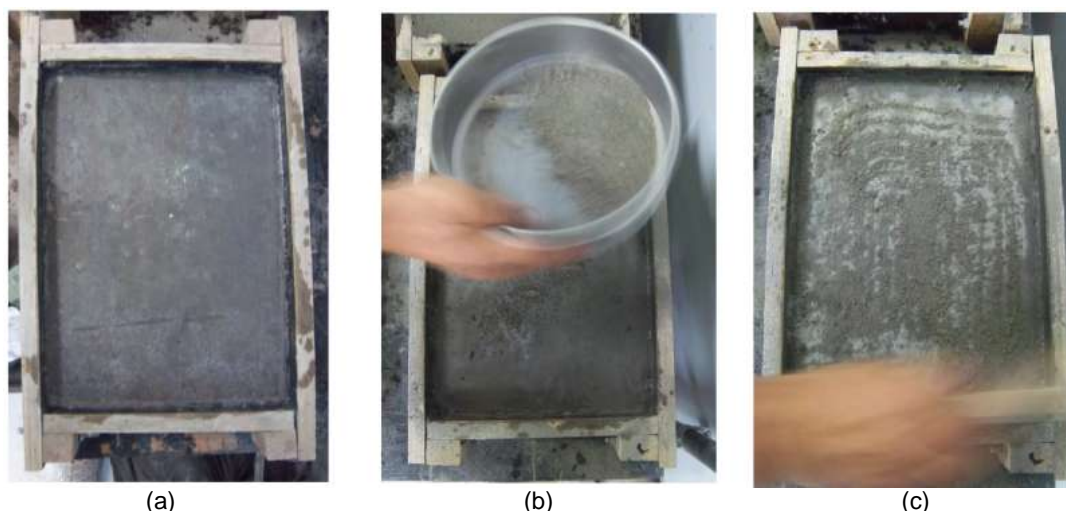


Figura 32 - (a) Superfície da placa de concreto umidecida; (b) peneiramento de cimento sob a placa de concreto; (c) escovação do cimento peneirado na superfície

As placas de concreto que receberam a aplicação de argamassa autonivelante, por sua vez, ganharam uma demão de primer (Figura 33 (a)), de acordo com as recomendações de cada fabricante e em seguida, após secagem, a aplicação da argamassa autonivelante. Por recomendação e especificações do Fabricante 3, as placas de concreto receberam outro tratamento, antes da aplicação do primer: o de fresamento mecânico no sentido longitudinal e transversal da placa.

Entretanto, devido à falta do equipamento específico para realizar esse tipo de tratamento no laboratório onde as placas foram executadas, foram feitas ranhuras, no sentido longitudinal e transversal do substrato, com o uso de uma lixadeira mecânica e em seguida o polimento com disco de metal, para retirada da nata superficial do substrato e aumento da área de aderência (Figura 33 (b)). Tal tratamento foi assim realizado, para que a textura do substrato apresentasse características de aderência o mais próximo do requerido pelo fabricante.

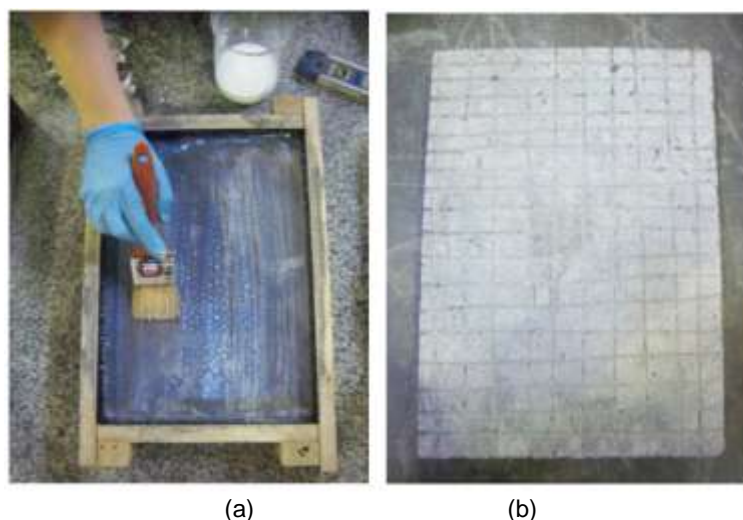


Figura 33 - (a) Aplicação de primer no substrato de concreto; (b) Textura final da placa de concreto, após tratamento superficial, para aplicação da argamassa do Fabricante 3.

3.4 PRODUÇÃO, MOLDAGEM E APLICAÇÃO DAS ARGAMASSAS

A produção das argamassas que foram utilizadas no desenvolvimento desta pesquisa ocorreu em duas etapas: a primeira com a dosagem dos materiais empregados nesta pesquisa e necessários para se obter o proporcionamento correto do traço das argamassas "farofas", e a segunda, com a aplicação das argamassas nos substratos de concreto e moldagem dos corpos-de-prova.

3.4.1 Produção das argamassas

Para estipular o traço das argamassas "farofas", em **massa de materiais secos**, e proporcionar corretamente a dosagem dos seus materiais, foi necessário inicialmente conhecer o coeficiente de inchamento do agregado miúdo utilizado nesta pesquisa e a massa unitária dos materiais secos. O processo se fez necessário, uma vez que as especificações da NBR 13753 (ABNT, 1996), para a confecção do contrapiso, mencionam o traço 1:6 em **volume de areia úmida**, e a areia utilizada em obra também deve ser proporcionada da mesma maneira.

O coeficiente de inchamento da areia foi encontrado conforme descrito pelo método da NBR 6467 (ABNT, 2006) e a massa unitária dos materiais secos, conforme já descrito, pelo método da NBR NM 45 (ABNT, 1996). Os resultados obtidos para estes ensaios seguem apresentados na Figura 34 e na Tabela 13, respectivamente.

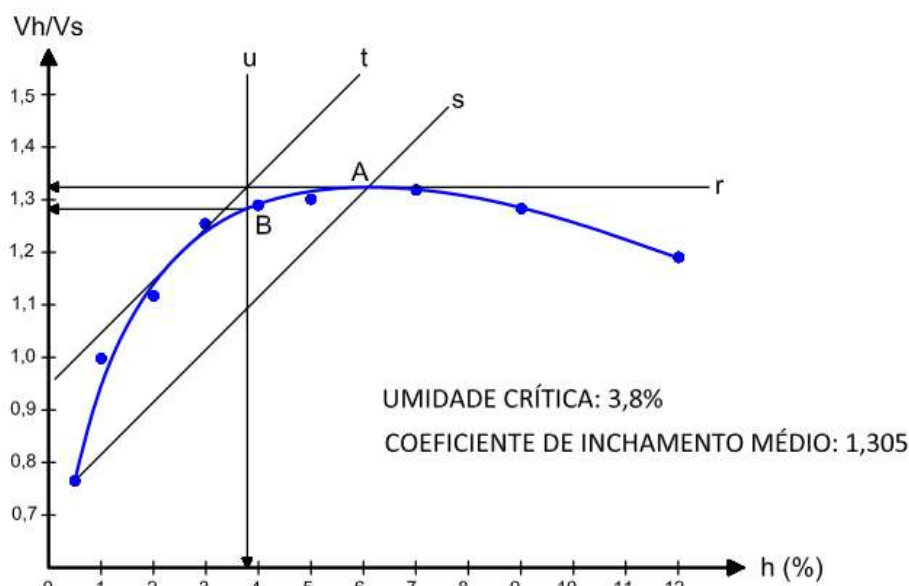


Figura 34 - Diagrama de inchamento do agregado miúdo utilizado nesta pesquisa

Tabela 13 - Massa unitária dos materiais utilizados para a dosagem dos traços das argamassas "farofas"

Material	Massa unitária (g/cm ³)
Cimento	0,792 ⁹
Agregado miúdo	1,55

Assim, as características finais de cada traço em massa de argamassa "farofa" executada, depois de realizada a correção de medidas e umidade, para sua dosagem, pode ser observada na Tabela 14.

Tabela 14 - Proporcionamento utilizado para confecção das argamassas "farofas"

Dosagem	Traço em massa			
	cimento	areia	(a/c)	a/ms
1: 3	1	4,483	0,55	0,137
1: 6	1	8,965	0,99	0,142

a/c: relação água/materiais secos; a/ms: relação água/materiais secos

Para o preparo das argamassas autonivelantes, contudo, não foi necessário nenhum tipo de correção na dosagem dos materiais, uma vez que elas são comercializadas pré-dosadas, sendo necessário somente adicionar água na mistura no momento da aplicação, conforme recomendações de cada fabricante. O proporcionalamento final utilizado para estas argamassas pode ser visto na Tabela 15:

⁹ O ensaio realizado para a obtenção de massa unitária do cimento, não é um ensaio normatizado, uma vez que o cimento é medido em massa para a confecção dos traços. Entretanto, para este trabalho, esse valor foi necessário, para dosar como é produzida em obra, os traços das argamassas de contrapiso convencional. O ensaio realizado foi adaptado do prescrito pela NBR NM 45 (ABNT, 2006), com a utilização do Cone de Marsh.

Tabela 15 - Proporcionamento utilizado para o preparo das argamassas autonivelantes

Argamassa Autonivelante	Traço	
	argamassa	a/ms*
Fabricante 1	1	0,210
Fabricante 2	1	0,210
Fabricante 3	1	0,225

*relação água/materiais secos

3.4.2 Moldagem dos corpos-de-prova e aplicação das argamassas

Para o preparo das argamassas farofas foi utilizada uma argamassadeira universal com capacidade para 40 litros e rotação de 50 rpm, disponível no laboratório LAMTAC/NORIE (Figura 35 (a)). O preparo e tempo de mistura seguiram as recomendações da NBR 13276 (ABNT, 2005), entretanto não foi possível realizar o ensaio de índice de consistência dessas argamassas, devido sua consistência seca.

Para o preparo das argamassas autonivelantes, foi utilizada uma furadeira de baixa rotação, com hélice acoplada (Figura 35 (b)) indicada para estes casos, e um recipiente com capacidade para 10 litros (Figura 35 (c)), cujas proporções de água e tempo de mistura seguiram as especificações recomendadas por cada fabricante. Neste caso, devido ao tempo em aberto das argamassas, não foi possível realizar o adensamento e preenchimento dos moldes em apenas um único preparo, sendo necessários, em média, 5 misturas para cada moldagem.

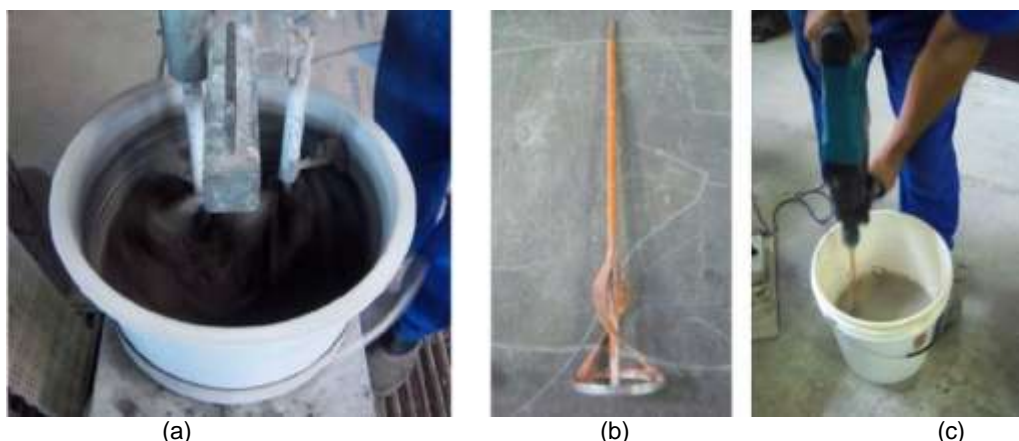


Figura 35 - (a) Argamassadeira utilizada para preparo das argamassa "farofas"; (b) Hélice utilizada para a mistura das argamassas autonivelantes; (c) Mistura da argamassa autonivelante.

Todos os corpos-de-prova referentes a cada argamassa foram moldados simultaneamente após o preparo de cada mistura. Anteriormente a este processo, foi aplicado desmoldante (óleo mineral) em todas as fôrmas, para facilitar o processo de desforma após 24h. No total

foram moldados 44 cp's cilíndricos com dimensões de 5x10cm e aplicada a argamassa, com espessura de 2cm, sobre 4 placas de concreto, com dimensões de 25x35x7cm.

O adensamento das argamassas farofas nos corpos-de-prova cilíndricos se deu conforme descrito na NBR 12041 (ABNT, 2012), em 4 camadas de altura, aproximadamente iguais, recebendo cada camada 10 golpes. Entretanto, devido à consistência da argamassa farofa, foi necessário utilizar uma maior força de compactação entre as camadas (da mesma forma como é realizada em obra), para que, quando na desforma dos cp's, as amostras não apresentassem zonas de transições visíveis entre as camadas (Figura 36 (a) e (b)) e comprometessem os resultados finais dos cp's moldados. Os cp's que foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão receberam posteriormente um capeamento de argamassa (de traço de 1:1, de areia fina), já que estes não resistiriam ao processo de retificação, desagregando-se.

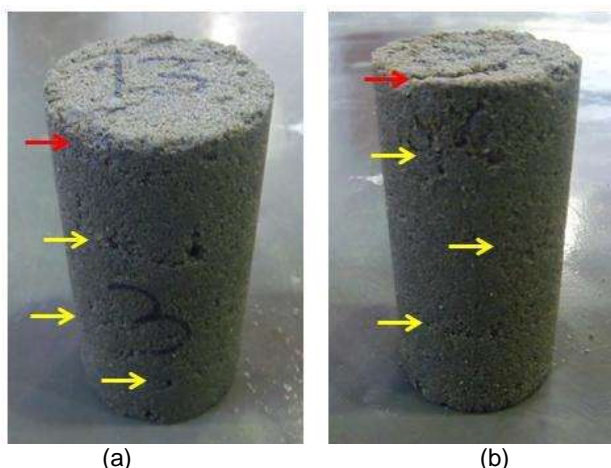


Figura 36 - (a) e (b) Corpos-de-provas apresentando segregação entre as camadas (flechas amarelas) e acabamento irregular (flechas vermelhas)

O adensamento da argamassa farofa, nas 4 placas de concreto, se deu por apiloamento. A placa de concreto, com o gabarito de madeira, foi primeiramente preenchida com a argamassa e em seguida apiloada, com um pilão confeccionado em madeira, com base de 10x10cm. Após o apiloamento e compactação de toda a argamassa, foi passada desempenadeira para acabamento superficial da placa.



Figura 37 - (a) Enchimento dos moldes com argamassa farofa; (b) pilão de madeira confeccionado; (c) apiloamento da argamassa farofa sob a placa de concreto; (d) desempenho da argamassa farofa

O adensamento da argamassa autonivelante nas placas de concreto, por sua vez, foi realizado apenas sob a ação da própria massa da argamassa, sem necessidade de compactação ou algum processo de acabamento superficial. Para todos os casos, a argamassa autonivelante foi vertida sobre as placas, com a mesma altura de queda (de 15 cm), com auxílio de um gabarito de madeira (Figura 38 (a)), para que não ocorresse a incorporação de ar de forma heterogênea entre as argamassas e comprometesse com os resultados finais das mesmas. O mesmo procedimento, de controle de altura de queda, foi realizado para o enchimento dos moldes metálicos cilíndricos e prismáticos (Figura 38 (b)).

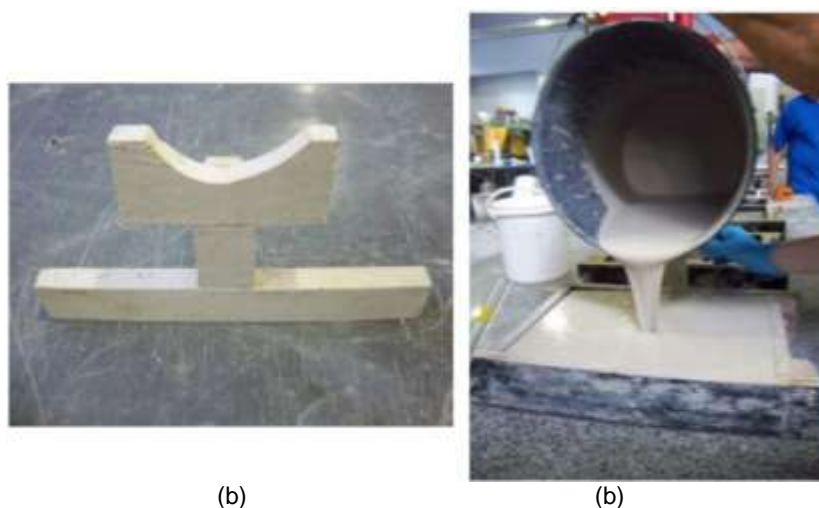


Figura 38 - (a) Gabarito de madeira utilizado para controle da altura de queda da argamassa (b) aplicação da argamassa autonivelante sobre as placas de concreto

Após moldadas, todas as placas foram protegidas com pano úmido e os corpos-de-prova cilíndricos por uma placa de vidro, permanecendo em ambiente de laboratório durante as primeiras 24 horas. Passado o período mencionado, todos os cp's foram desmoldados. Os cp's cilíndricos e duas das quatro placas foram submetidos imediatamente à cura imersa em água com cal, durante os próximos 28 dias. Na sequência, as outras duas placas de

concreto, que não foram colocadas em cura imersa, foram levadas para a câmara de aquecimento, para ensaio de cura aquecida (ver capítulo 3.5.2.2, item "g"), onde permaneceram por um período de mais 24 horas, e posteriormente foram encaminhadas também à cura imersa em água com cal.

3.5 MÉTODOS DE ENSAIOS

Para a caracterização, controle tecnológico e análise mecânica do concreto utilizado nos substratos e das argamassas executadas neste experimento, foram realizados ensaios no estado fresco e endurecido. No itens que seguem, estes ensaios são explicados.

3.5.1 Ensaio de caracterização e controle do concreto

A avaliação das propriedades físico-mecânicas do concreto utilizado como substrato das argamassas foi realizada a partir de ensaios de consistência pelo abatimento do tronco de cone segundo NBR NM 67 (ABNT, 1998), resistência à compressão, conforme NBR 5739, (ABNT, 2007) e absorção de água por capilaridade através da NBR 9779 (ABNT, 2013). Tais ensaios estão resumidamente demonstrados na Figura 39.

Figura 39 - Resumo dos ensaios de caracterização e controle do concreto

ENSAIO NO ESTADO FRESCO	ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO	
 <p data-bbox="288 1509 608 1541">Abatimento NBR NM 67/1998</p>	 <p data-bbox="703 1496 986 1554">Resistência à compressão NBR 5739/2007</p>	 <p data-bbox="1043 1496 1417 1554">Absorção de água por capilaridade NBR 9779/2013</p>

O controle do abatimento do concreto foi realizado logo após a mistura dos materiais constituintes, o qual para esta pesquisa foi estipulado o parâmetro de abatimento de 100 ± 20 mm. Os ensaios de resistência à compressão e absorção de água por capilaridade, por sua vez, foram realizados aos 21 dias de idade, em 5 cp's cilíndricos cada, com dimensões de 10x20cm. Ambos os ensaios tiveram um total de 25 cp's cada (5 cp's por betonada realizada), sendo as leituras do ensaios de absorção feitas de forma continuada as 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, após a desmoldagem dos cp's.

Salienta-se que os ensaios mecânicos foram realizados em prensa da marca EMIC, com capacidade de 2000 kN, disponível no LAMTAC/NORIE da UFRGS, com velocidade de carregamento de $0,45 \pm 0,15$ MPa/s, conforme respectiva norma.

3.5.2 Ensaios de caracterização e controle das argamassas

Para a escolha dos métodos utilizados neste trabalho para avaliar as propriedades das argamassas ensaiadas, assim como feito por países estrangeiros, foi dada prioridade à existência nacional de métodos de avaliação. Entretanto, na inexistência destes no Brasil, deu-se prioridade para ensaios já utilizados para avaliação de pisos. Em seguida, foi dado prioridade para ensaios utilizados em avaliações de pastas, argamassas e/ou materiais cimentícios de revestimentos. Por fim, para avaliar propriedades não mencionadas em nenhuma norma brasileira, optou-se por fazer adaptações das normas brasileiras, ou ainda, uso de normas estrangeiras, para os devidos fins.

Os ensaios realizados para a avaliação das propriedades físico-mecânicas das argamassas executadas neste trabalho, no estado fresco e endurecido, são demonstradas resumidamente na Figura 40 e na Figura 41, respectivamente, e explicadas nos itens sequenciais.

Figura 40 - Resumo dos ensaios de caracterização e controle das argamassas no estado fresco

ENSAIO NO ESTADO FRESCO			
			
Tempo de fluxo - Funil V* (EFNARC 2002)	Tempo de Retenção de fluxo* (ASTM C1708)	Mini Sump-test * (EFNARC 2002)	
			
Exsudação* (NBR 15558/2008)	Densidade de massa e teor de ar aprisionado (NBR 13278/2005)	Tempo de pega (Calorimetria)	Reometria Rotacional*

*ensaios realizados somente nas argamassas autonivelantes

Figura 41 - Resumo dos ensaios de caracterização e controle das argamassas no estado endurecido

ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO			
			
Resistência à compressão (NBR 12041/2012)	Resistência à tração por compressão diametral (NBR 12041/2012)	Módulo de elasticidade dinâmico (NBR 15630/2009)	
			
Densidade de massa aparente (NBR 13280/2005)	Absorção de água por capilaridade (NBR 15259/2005)	Resistência de aderência à tração (NBR 13528/2010)	Dureza superficial (NBR 7584/2010)

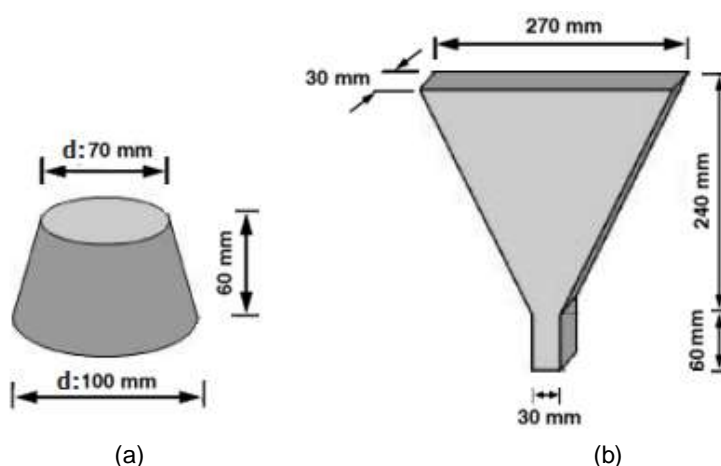
3.5.2.1 Ensaios no estado fresco

A seguir são descritos os ensaios que foram realizados para a caracterização no estado fresco das argamassas e as adaptações necessárias em cada caso, para o estudo proposto.

a) Tempo de fluxo (Mini Funil-V) e consistência (Mini Slump-test):

Pela inexistência de métodos brasileiros para a avaliação do tempo de fluxo e consistência de argamassas autonivelantes, utilizou-se as prescrições recomendadas pela norma europeia EFNARC (2002), com o método de ensaio do mini Funil-V e do mini Slump-test, respectivamente.

Os equipamentos para a realização destes ensaios são utilizados em conjunto e são semelhantes aos utilizados hoje para a avaliação no estado fresco de concretos autoadensáveis, porém em uma versão reduzida e dimensionada para argamassas, conforme Figura 42.



(a) (b)
 Figura 42 - (a) Mini Slump-test; (b) Mini Funil-V.
 Fonte: (EFNARC,2002)

Segundo a referida norma, a consistência ideal para pastas autonivelantes é definida por uma tensão de escoamento, determinada por um diâmetro de espalhamento do material compreendido entre 24cm e 26cm, no teste do mini Slump-test, e a viscosidade plástica, determinada por um tempo de queda compreendido entre 7 a 11 segundos, no teste do mini Funil-V.

Casos estes parâmetros não sejam atendidos pela argamassa, a norma recomenda realizar nova dosagem (relação água/material seco) da pasta em questão, ou ainda acrescentar aditivos químicos para regular essa viscosidade. Para esta pesquisa, contudo, não foram feitas correções das argamassas utilizadas. Seus parâmetros apenas foram testados e avaliados, conforme a norma proposta, com o objetivo de caracterizar seu comportamento frente à norma européia.

b) Tempo de retenção de fluxo

O método de ensaio para avaliar o tempo de retenção de fluxo (perda de trabalhabilidade) das argamassas autonivelantes, determinado pela ASTM C1708 (2012), recomenda utilizar um equipamento denominado "anel de fluxo", que apresenta dimensões com diâmetro interno de 50mm e altura de 30mm. O ensaio, com metodologia semelhante ao de consistência, mede o diâmetro de espalhamento da argamassa, após sua mistura, em tempos de 20min e 30min. Em casos de argamassas com menor trabalhabilidade, esse intervalo de tempo pode ainda ser reduzido.



Figura 43 - Equipamento indicado pela ASTM C1708 (2012) para a realização do o ensaio de retenção de fluxo.
Fonte: Guimarães (2013)

Para este estudo, o método foi adaptado e o equipamento utilizado para a realização dos ensaios foi o cone do mini slump-test, já empregado para medir a consistência inicial das argamassas autonivelantes. Os tempos de medidas, após mistura da argamassa, foi realizado de 10min em 10 min (e em alguns casos de 5min em 5min) até que a argamassa passasse a apresentar diferenças significativas de leitura, em função da consistência da mistura, que passaram após esse período a perder visivelmente a trabalhabilidade e/ou inviabilizar a continuação do ensaio.

c) Tempo de pega por calorimetria de condução isotérmica

O ensaio de calorimetria por condução isotérmica possibilita verificar aproximadamente os tempos de início e fim de pega das misturas, pelo fluxo de calor gerado pela mesmas, no processo de hidratação do cimento das amostras, um vez que essas reações de hidratação são exotérmicas. Para este ensaio foi utilizado um micro calorímetro adiabático, modelo TAM Air da TA Instruments, disponível no Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC/UFRGS).

As amostras foram inicialmente lacradas em ampolas de vidros e introduzidas no interior do equipamento, para preparo da mistura e registro das leituras. Em seguida, foram analisadas simultaneamente, sob as mesmas condições de umidade e temperatura. Ao término das leituras, foi realizada a análise dos dados com a metodologia adotada por Costa (2013).

O método utilizado por Costa (2013), determina que a projeção linear no eixo "x" da intersecção entre a tangente da curva do ponto de mínimo de calor e a curva de aceleração das reações, indica o tempo de início de pega. A projeção linear no eixo "x", da intersecção entre a tangente da curva do ponto máximo de calor gerado pela curva de aceleração das reações, indica o tempo de fim de pega (Figura 44).

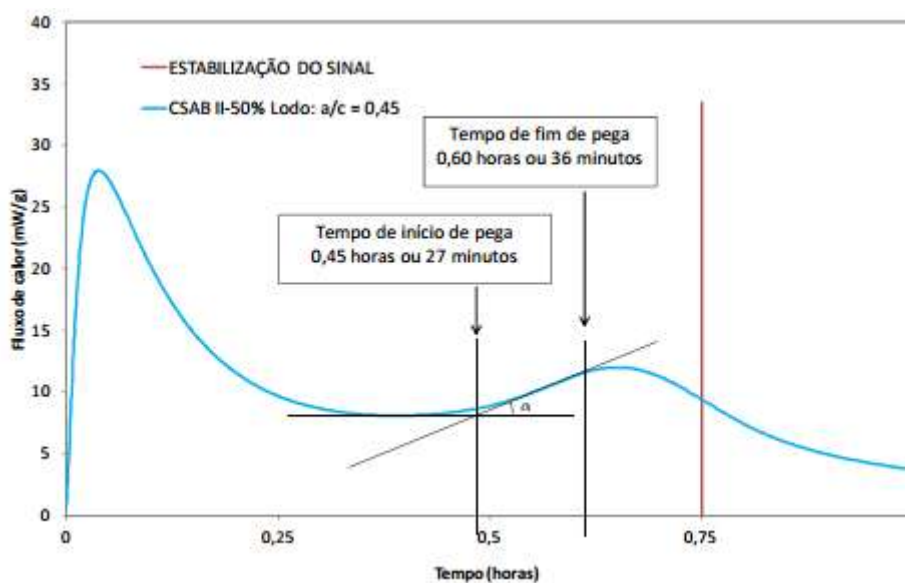


Figura 44 - Determinação dos tempos de início e fim de pega pelo traçado das curvas de fluxo de calor
Fonte: (COSTA,2013).

d) Reometria rotacional

O ensaio de reometria rotacional empregado neste trabalho buscou avaliar, em conjunto com o ensaio de retenção de fluxo, a viscosidade e a tensão de escoamento das argamassas autonivelantes testadas. A caracterização reológica foi realizada somente nestas argamassas, uma vez que o reômetro utilizado trabalha com materiais fluídos e não é capaz de medir reologia de materiais como as argamassas "farofas".

O aparelho utilizado para tal finalidade foi do modelo Brookfield R/S plus, com palheta do tipo vane, V 30x15, com 30mm de altura e 15mm de diâmetro. O tamanho e tipo de palheta foram determinadas em testes preliminares, por ser a mais adequada para aplicação do torque nas argamassas em questão.



Figura 45 - Aparelhagem utilizada para a reometria rotacional (a) Reômetro do modelo Brookfield R/S plus; (b) palheta do tipo vane V (30x15mm).

As misturas foram então submetidas à ciclos de cisalhamento em escada (Figura 46). Esse tipo de leitura é indicado por diversos autores, e segundo Castro (2007) gera curvas de cisalhamento que permitem verificar a eficiência de dispersão das partículas e a natureza reológica do material. Os ciclos em questão, consistiram em 20 patamares de leituras, sendo uma a cada 30 segundos, atingindo-se uma taxa final de cisalhamento máxima de 150 1/s.

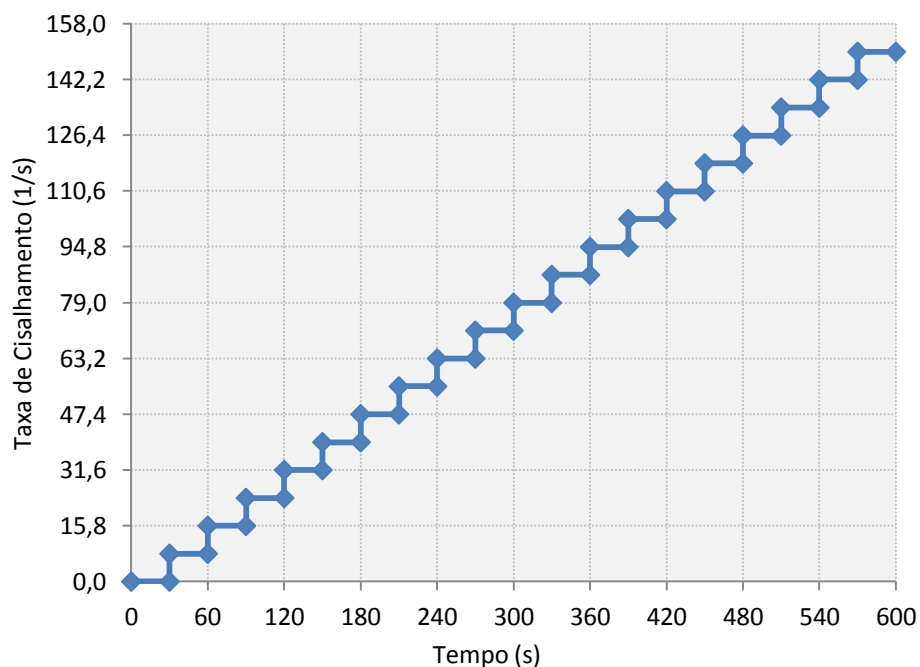


Figura 46 - Rotina utilizada no reômetro

Posteriormente às medições no reômetro rotacional, os dados foram tratados com o software Rheo3000 e na sequência, foram gerado os gráficos para análise dos resultados.

e) Exsudação

A exsudação dos compostos da argamassa e a migração da água da mistura para a superfície do material comprometem, como já citado neste trabalho, o acabamento final da camada de regularização, bem como aumentam a possibilidade de aparecimento de manifestações patológicas como manchas, redução da resistência mecânica superficial e durabilidade do material.

O ensaio realizado para determinar a taxa de exsudação das misturas de argamassas autonivelantes utilizadas neste trabalho foi baseado no método descrito pela NBR 15558 (ABNT, 2008), com algumas adaptações. O método não foi aplicado para analisar as argamassa do tipo "farofa" estudadas neste trabalho, em função de sua consistência seca.

Inicialmente foi adaptado as dimensões do molde, que passaram de um recipiente cilíndrico com diâmetro interno de $254\pm 6\text{mm}$ e altura interna de $279\pm 6\text{mm}$, para um recipiente cilíndrico com dimensões reduzidas de 100mm de diâmetro interno e altura interna de 109mm, conforme demonstrado na Figura 47. Esta adaptação foi feita com o objetivo de reduzir a quantidade necessária de material para a realização do ensaio, uma vez que o método é indicado para concretos.



Figura 47 - Molde adaptado para o ensaio de exsudação.

A segunda adaptação realizada foi em relação ao método de compactação do material nos moldes, que não foi necessária devido à consistência fluída das argamassas autonivelantes. Após a mistura e preenchimento dos moldes, os mesmos foram cobertos com filme plástico, afim de evitar a perda de água do material para o ambiente, e em seguida, em intervalos de 10 min em 10 min, durante o período de 1:30h, foi recolhida com auxílio de um conta-gotas, a água que exsudava da mistura, para posterior cálculo de exsudação. O tempo de 1:30h foi estipulado em função da consistência das argamassas, que passaram após esse período a

apresentar mudanças de estado fluído para sólido (inviabilizando a continuação das leituras após esse tempo).

f) Densidade de massa e teor de ar aprisionado

A determinação da densidade de massa e teor de ar aprisionado das argamassas estudadas nesta pesquisa foi realizada de acordo com o descrito na NBR 13278 (ABNT, 2005). Para o ensaio das argamassas autonivelantes, não se fez necessário realizar os golpes preconizados na norma para compactação do material.

3.5.2.2 Ensaio no estado endurecido

A seguir são descritos os ensaios realizados para a caracterização no estado endurecido das argamassas e as adaptações necessárias em cada caso, para o estudo proposto.

a) Resistência à compressão simples e tração por compressão diametral

Por não existir normatização brasileira específica para contrapisos, optou-se neste trabalho por realizar os procedimentos descritos pela norma NBR 12041 (ABNT, 2012), para os ensaios de resistência à compressão e tração das argamassas aqui estudadas. A referida norma trata de especificações para argamassas empregadas em pisos e é a norma brasileira que mais se aproxima do uso do material em sistemas de pisos. Foi também a norma escolhida para reger as demais moldagens dos ensaios deste trabalho.

Como já mencionado, para o adensamento das argamassas do tipo “farofa” nos corpos-de-prova foi aplicada maior força de compactação, de modo que as amostras não apresentassem segregação entre as camadas, comprometendo os resultados deste trabalho. Para o adensamento das argamassas autonivelantes, não se fez necessário o processo de compactação das mesmas.

Para cada tipo de argamassa avaliada foram moldados, para o ensaio de resistência à compressão, 8 cp's cilíndricos, com dimensões de 5x10cm, e para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral, mais 5 cp's cilíndricos, com as mesmas dimensões. Os ensaios foram realizados aos 7 e 28 dias para a análise das argamassa “farofas” e aos 1, 7 e 28 dias para a análise das argamassas autonivelantes.

b) Densidade de massa aparente

Para determinar a densidade de massa aparente das argamassas analisadas, foram realizados os procedimentos descritos pela NBR 13280 (ABNT, 2005) para o devido fim. A moldagem dos corpos-de-prova seguiu o padrão estabelecido pela NBR 12041 (ABNT, 2012), mencionada no item anterior. Para cada argamassa foram moldados 5 cp's cilíndricos com dimensões de 5x10cm, com idade de cura de 28 dias.

Como este método é um ensaio não-destrutivo (o procedimento restringe-se apenas a registrar as dimensões e massa dos cp's) em determinadas idades, foi possível reutilizar os cp's moldados para a realização de outros ensaios: como o ensaio de módulo de elasticidade dinâmico e o ensaio de absorção de água por capilaridade.

c) Módulo de elasticidade dinâmico

Para analisar o módulo de elasticidade dinâmico das argamassas utilizadas foi realizado o ensaio prescrito pela norma NBR 15630 (ABNT, 2009). No procedimento, o módulo de elasticidade das argamassas é determinado através da propagação de ondas longitudinais obtidas por pulsos ultra-sônicos, nos cp's ensaiados. Para cada argamassa analisada com esse método, foram utilizados os mesmos cp's cilíndricos moldados para o ensaio de densidade de massa aparente.

d) Absorção de água por capilaridade

Para analisar a absorção de água por capilaridade de cada argamassa avaliada, foram realizados os procedimentos determinados pela NBR 15259 (ABNT, 2005), cujas medições se deram aos 10min e 90min iniciais, da colocação dos cp's em contato com a água. Neste ensaio também utilizaram-se os cp's moldados para o ensaio de densidade de massa aparente.

e) Resistência de aderência à tração

Para determinar a resistência de aderência à tração das argamassas foi realizado o ensaio prescrito pela norma NBR 13528 (ABNT, 2010). Neste ensaio foi avaliada a tensão máxima suportada pela argamassa e sua aderência com o substrato de concreto, quando submetida a um esforço normal de tração, frente ao método de arrancamento.

Para a realização deste ensaio, foi seguida a metodologia de confecção dos corpos-de-prova adotada por Stolz (2011). Foram extraídos 6 cp's de seção circular, com diâmetro de 5cm, em cada placa de concreto que foi aplicada as argamassas (Figura 48). Cada placa de

concreto foi preparada aos 28 dias de idade da aplicação da argamassa e ensaiada com 29 dias, totalizando 12 cp's extraídos para cada argamassa. Os cp's foram arrancados com um esforço de tração perpendicular à pastilha, aplicado pelo aderímetro digital, com carregamento constante até a ruptura do corpo-de-prova.

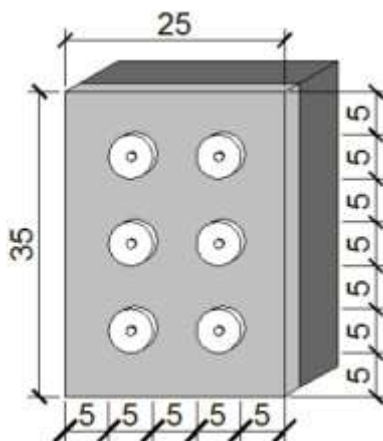


Figura 48 - Esquema de extração dos cp's nas placas de concreto, para o ensaio de aderência (medidas em cm)
Fonte: Stolz (2011)

Para a realização do ensaio de resistência à tração nas placas com cura aquecida, procedeu-se o mesmo método de ensaio descrito pela NBR 13528 (ABNT, 2010). Entretanto, após a aplicação da argamassa nos substratos de concreto, duas das quatro placas confeccionadas, foram expostas a uma câmara, com ciclos de aquecimento e resfriamento.

A câmara utilizada, foi desenvolvida e proposta em estudo por Moura (2007) e tem por objetivo analisar o efeito da ação do vento e da temperatura, no período de cura, em revestimentos externos de argamassa. A câmara é composta por 3 módulos (Figura 49): o primeiro, contendo lâmpadas incandescentes, circuladores de ar e espaço para colocação das amostras; o segundo, com uma moldura removível, isolando juntamente com as placas ensaiadas os dois outros compartimentos aquecidos; e o terceiro contendo novamente lâmpadas incandescentes e espaço para colocação das amostras.

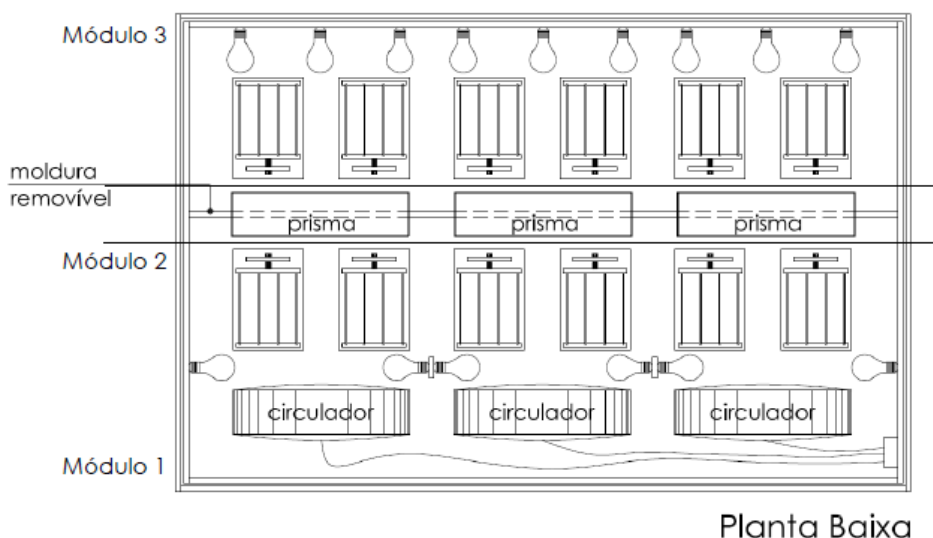


Figura 49 – Representação esquemática da câmara de aquecimento utilizada por Moura (2007).
Fonte: (MOURA, 2007)

Para a realização deste trabalho, entretanto, não foi analisado o efeito da ação do vento no período de cura das argamassas, apenas o efeito da temperatura. Portanto, os circuladores de ar foram retirados da câmara e as placas para isolamento das camadas não foram posicionadas. Assim, a câmara passou a ser composta por 3 módulos, todos compondo um único ambiente com função de aquecimento.

O objetivo deste ensaio é analisar se as variações térmicas, no período de cura das argamassas analisadas, geram algum efeito sobre suas propriedades de aderência ao substrato de concreto. A câmara eleva a temperatura do ar de seu interior, de acordo com a necessidade, por meio das lâmpadas incandescentes, provocando o aquecimento da superfície do material ali ensaiado.

Assim, conforme Moura (2007), simulou-se um gradiente de variação térmica para a cidade de Porto Alegre, de 23°C a 40°C, por meio de 4 ciclos diários de 6 horas cada, de aquecimento e resfriamento, conforme demonstrado na Tabela 16.

Tabela 16 - Ciclos térmicos desenvolvidos em estudo por Moura (2007).

CICLO	INTERVALO (h)	TEMPERATURA
1	0-6	Crescente 23°C a 40°C
2	6-12	Decrescente 40°C a 23°C
3	12-18	Crescente 23°C a 40°C
4	18-0	Decrescente 40°C a 23°C

Fonte: (MOURA, 2007)

As placas permaneceram no interior da câmara de aquecimento durante o 2º, 7º e 27º dias de idade da argamassa e aos 28 dias foram preparadas de acordo com o método da NBR 13528 (ABNT, 2010).

f) Dureza superficial

O método de ensaio utilizado para avaliar a resistência superficial das argamassas de contrapiso aplicadas seguiu as determinações da NBR 7584 (ABNT, 2010). A referida norma específica a avaliação da dureza superficial de concretos endurecidos, por meio de esclerômetro de reflexão. O equipamento funciona ao impulsionar sua haste metálica contra a superfície do material analisado. Internamente, através do recuo de uma mola, ao se chocar no material, o equipamento registra a energia remanescente.

Apesar de ser indicado para medir a dureza superficial de concretos, o esclerômetro de reflexão foi utilizado para analisar a dureza superficial das argamassas utilizadas neste trabalho. O esclerômetro indicado para medições específicas de argamassa, do tipo "pendular", não consegue registrar uma energia de impacto para materiais que tenham resistências superiores a 10Mpa. Neste caso, a utilização deste aparelho não se faria útil, para as argamassas estudadas neste trabalho, já que suas resistências, segundo (SOUZA, 2013) e os fabricantes das argamassas autonivelantes em questão, seriam superiores a esse valor.

Assim, seguindo as recomendações da NBR 7584 (ABNT, 2010), foram realizados em cada argamassa aplicada sobre as placas de concreto, 16 impactos com o aparelho. A placa utilizada para esse ensaio foi a mesma empregada para o ensaio de resistência de aderência à tração.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados nesta pesquisa propostos no programa experimental. Conjuntamente serão feitas as análises dos resultados com o intuito de verificar se os objetivos propostos para este estudo foram atingidos através dos ensaios realizados.

Enfatiza-se também que ao longo dos resultados não foi possível correlacionar as diferentes argamassas analisadas, uma vez que não se teve acesso nesta pesquisa às formulações e materiais constituintes das argamassas autonivelantes, que por sua vez, tem influência direta nos resultados alcançados. Chama-se atenção também com a dificuldade em se obter referências quanto ao comportamento das argamassas "farofas" para contrapiso, uma vez que suas propriedades são pouco exploradas no Brasil. Como comparativo nesta pesquisa, foram então confrontados comportamentos de outros tipos de argamassa, com traços semelhantes à estas.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO

A seguir serão apresentados os dados dos ensaios realizados para a caracterização do concreto, no estado fresco e endurecido, utilizado na pesquisa para a confecção dos substratos.

4.1.1 Abatimento

Os resultados médios dos abatimentos das 5 concretagens executadas para a moldagem dos substratos é expresso na Tabela 17 que segue. Os demais dados correspondentes ao resultado deste ensaio encontram-se no apêndice A.

Tabela 17 - Abatimento médio dos substratos de concreto utilizados nesta pesquisa

Abatimento médio do concreto (mm)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
105	11,18	10,65

4.1.2 Resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão do concreto confeccionado nesta pesquisa se deu aos 21 dias de idade do concreto, para todas as betonadas executadas. Para obter maior precisão dos valores apresentados, foi realizado um tratamento estatístico dos dados, para a retirada de valores considerados espúrios do experimento, para que não houvesse uma análise equivocada dos dados. Neste ensaio foram considerados como dados espúrios os valores que ficaram fora de um intervalo de mais ou menos 2 desvios padrões da média geral.

Este tratamento foi realizado para cada amostra e com os valores resultantes foi recalculada uma nova média final. O resultado médio final obtido para este ensaio está apresentado na Tabela 18. Os demais valores que originaram a média deste ensaio, encontram-se no apêndice A.

Tabela 18 - Resistência à compressão média dos substratos de concreto aos 21 dias utilizados nesta pesquisa

Resistência à compressão média (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Coefficiente de variação (%)
38,4	0,57	1,49

4.1.3 Absorção de água por capilaridade

O ensaio de absorção de água por capilaridade do concreto confeccionado nesta pesquisa também foi realizado aos 21 dias de idade do concreto, para todas as betonadas executadas. Para este ensaio também foi realizado um tratamento dos valores obtidos com a retirada dos dados considerados espúrios, através do mesmo critério adotado para a resistência à compressão do concreto. O resultado médio deste ensaio é apresentado na Tabela 19. Os demais valores que resultaram nestes dados do ensaio, encontram-se no apêndice A.

Tabela 19 - Absorção capilar média dos substratos de concreto aos 21 dias utilizados nesta pesquisa

Medição	C (g/cm²)				
	3h	6h	24h	48h	72h
Média	0,13	0,19	0,29	0,30	0,31
Desvio padrão	0,00	0,06	0,06	0,06	0,07
Coefficiente de variação (%)	0,00	34,90	19,73	21,05	21,02

Os resultados deste ensaio apontaram que a absorção média final do concreto empregado nesta pesquisa, após 72h, foi de 0,31g/cm³, conforme demonstrado na Figura 50.

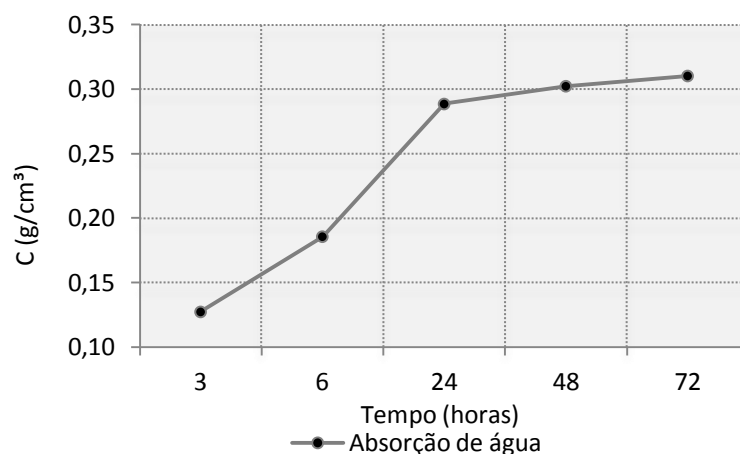


Figura 50 - Absorção capilar do concreto empregado na confecção dos substratos

Os valores obtidos vão ao encontro com os valores alcançados por Stolz (2011), cuja relação a/c de 0,47 e utilização de cimento Portland CP IV, obteve uma média final de absorção, após 72 horas, de 0,36 g/cm³. O concreto empregado como substrato nesta pesquisa caracteriza-se como sendo de baixa taxa de absorção, se comparado com resultados encontrados por outros pesquisadores, como Santor (2011) e Polesello (2012), com a utilização do mesmo cimento e relação a/c (0,46) e (0,40), onde encontraram valores de absorção de 0,68 g/cm² e 0,44 g/cm², respectivamente.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS

Neste capítulo são apresentados os resultados dos ensaios realizados para a caracterização e avaliação das argamassas dosadas em obra e autonivelantes, confeccionadas e preparadas nesta pesquisa, tanto no estado fresco como no estado endurecido. Para facilitar a leitura e interpretação dos dados, a seguinte nomenclatura foi adotada:

- **Argamassa 1:3** - Argamassa dosada em obra, do tipo "farofa", com traço 1:3 (em volume, de areia úmida);
- **Argamassa 1:6** - Argamassa dosada em obra, do tipo "farofa", com traço 1:6 (em volume, de areia úmida);
- **Argamassa F1** - Argamassa autonivelante industrializada para contrapiso - Fabricante 1;
- **Argamassa F2** - Argamassa autonivelante industrializada para contrapiso - Fabricante 2;
- **Argamassa F3** - Argamassa autonivelante industrializada para contrapiso - Fabricante 3.

4.2.1 Caracterização no estado fresco

Na sequência são apresentados os resultados dos ensaios no estado fresco, obtidos pelas argamassas analisadas.

4.2.1.1 Tempo de fluxo (Funil V) e consistência (Mini Slump-test)

O ensaio de tempo de fluxo foi realizado nas três argamassas autonivelantes industrializadas analisadas, seguido do ensaio do mini slump-test, conforme recomenda a norma europeia EFNARC (2002). Os ensaios foram executados após a mistura das argamassas, que foram utilizadas posteriormente para a moldagem das placas e confecção dos corpos-de-prova. Os resultados médios obtido pelas argamassas no ensaio do Funil V e do Mini Slump-test seguem na Tabela 20. Os demais resultados individuais deste ensaio, encontram-se no apêndice B.

Tabela 20 - Valores obtidos no ensaio de fluxo (funil-v) e consistência (mini slump test) para as argamassas autonivelantes

ENSAIO	Parâmetro de norma (EFNARC/2002)	F1	F2	F3
Tempo de fluxo (s) (Funil V)	7 a 11	17,44	2,85	13,62
Consistência (cm) (Mini Slump-test)	24 a 26	24,08	35,00	32,17
FOTO				

Após a obtenção dos dados, foi realizada uma análise estatística, pelo método de variância (ANOVA), para verificar se os resultados encontrado no ensaio de tempo de fluxo, diferem entre si. A análise comprovou que os resultados das argamassas apresentam diferença significativa entre eles (Tabela 21).

Tabela 21 - Análise de variância dos resultados de tempo de fluxo das argamassas autonivelantes

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significância
ARGAMASSA	680,78	2	340,39	71,50	0,0000	S
ERRO	66,65	14	4,76			

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; Fcalc = valor calculado de F
S = valor significativo; NS = valor não significativo
Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

Na sequência foi realizada a análise múltipla das médias, pelo método de Fischer, para verificar quais dessas argamassas são significativas nos valores encontrados. Os resultados apontaram que todas as argamassas apresentam diferença estatística e são diferentes entre si (Tabela 22).

Tabela 22 - Resultados do Teste de Fischer para o tempo de fluxo das argamassas autonivelantes

ARGAMASSA	F1	F2	F3
F1		S	S
F2	S		S
F3	S	S	

S = Significativo; NS = Não significativo

Para o ensaio de consistência, também foi realizada análise estatística pelo método de variância (ANOVA), que demonstrou que as argamassas apresentam diferença estatística significativa entre si (Tabela 23).

Tabela 23 - Análise de variância dos resultados de consistência das argamassas autonivelantes

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significância
ARGAMASSA	385,08	2	192,54	230,28	0,0000	S
ERRO	12,54	15	0,84			

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; Fcalc = valor calculado de F
S = valor significativo; NS = valor não significativo
Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

O método de Fischer, por sua vez, também apontou que todas as argamassas apresentam influência nos valores encontrados e são estatisticamente diferentes entre si (Tabela 24).

Tabela 24 - Resultados do Teste de Fischer para a consistência das argamassas autonivelantes

ARGAMASSA	F1	F2	F3
F1		S	S
F2	S		S
F3	S	S	

S = Significativo; NS = Não significativo

Assim, observa-se que para este ensaio as argamassas apresentaram comportamentos bem distintos entre si: A argamassa F1 apresentou os menores valores de fluidez comparativamente à das outras duas argamassas autonivelantes (F2 e F3), com 24,08cm de abertura. O tempo necessário para seu escoamento, por sua vez, foi o de maior valor (17,44 segundos), ou seja, a argamassa demorou mais tempo para escoar pelo equipamento em decorrência de sua maior viscosidade.

A argamassa F2, por sua vez, dentre as argamassas analisadas, foi a que apresentou o menor valor de tempo de fluxo (2,85 segundos) e maior diâmetro de espalhamento (35 centímetros), cujos números ultrapassaram as faixas de valores considerados adequados, pela normatização européia, para pastas autonivelantes. A argamassa F3, por conseguinte,

apresentou os valores médios entre as argamassas autonivelantes analisadas no ensaio de tempo de fluxo e consistência (13,62 segundos e 32,17 centímetros, respectivamente).

A argamassa F1, se avaliada pelo parâmetros europeus (EFNARC,2002), cujo espalhamento do material devem ficar compreendido entre 24cm e 26cm, no teste do mini Slump-test, e a viscosidade plástica compreendida por um tempo de queda entre 7 a 11 segundos, no teste do mini Funil-V, embora apresente a consistência mínima necessária, não apresentaria a fluidez esperada para argamassas autonivelantes. Já as argamassas F2 e F3 não exibiriam propriedades de auto-adensibilidade e fluidez adequadas, pela referida norma, para uma argamassa autonivelante.

Entretanto, conforme observado por Katsiadramis, Sotiropoulou e Pandermarakis (2010) tais características de consistência e fluidez podem variar em função de diversos fatores: como o teor de aditivos químicos, adições minerais, cimento, agregado e relação a/c utilizados para a mistura das argamassas. Jawahar et. al. (2013), por exemplo, encontraram durante estudos de dosagens para argamassas autonivelantes, com uma relação a/c de 0,32 e adição de 0,6% e 1% de aditivo superplastificantes, valores de consistência variando entre 27,1cm a 30cm, respectivamente. Felekoğlu, B. *et al.* alcançaram também, com uma relação a/materiais secos de 0,25, valores de consistência de 41cm e tempo de fluxo de 8 segundos, passando para valores de 25,8 cm de consistência e tempo de fluxo de 12 segundos, com a substituição de 40% do teor de cimento por filer calcário.

4.2.1.2 Retenção de fluxo

O ensaio de retenção de fluxo foi realizado nas três argamassas autonivelantes industrializadas analisadas nesta pesquisa. Para a argamassa F1 e F2 as leituras foram realizadas com um intervalo de 10 min e para a argamassa F3 com um intervalo de 5 min, de acordo com a perda de consistência da argamassa, conforme já mencionado. Os resultados médios para este ensaio podem ser observados na Tabela 25. Os demais valores deste ensaio encontram-se no apêndice B.

Tabela 25 - Retenção de fluxo das argamassa autonivelantes

Leitura (min)	Retenção de fluxo (mm)		
	F1	F2	F3
0	24,08	35,00	32,17
5	-	-	28,83
10	18,08	35,08	13,08
20	14,00	35,83	-
30	13,25	35,17	-
40	-	34,00	-
50	-	33,25	-
60	-	31,67	-
70	-	29,08	-

A tendência de comportamento das argamassas após a mistura pode ser visualizada na Figura 51.

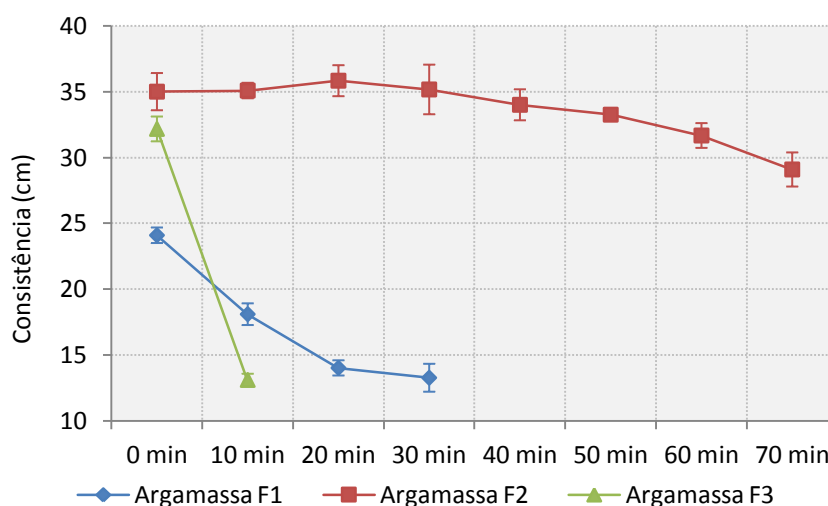


Figura 51 - Retenção de fluxo das argamassa autonivelantes ao longo do tempo

O teste demonstrou para a argamassa F1, que até a leitura de 20 minutos houve uma queda na retenção de fluxo da argamassa, ou seja, com o passar do tempo a mistura foi perdendo sua trabalhabilidade sem apresentar um tempo de retenção constante (necessário para seu manuseio, aplicação e acabamento). Após os 20 minutos, a argamassa passou a dar indicativos de enrijecimento do material, perdendo sua trabalhabilidade.

Para a argamassa F2, observou-se que até a leitura de 40 minutos houve uma tendência de permanência inicial nos valores de retenção de fluxo da argamassa, ou seja, a trabalhabilidade do material permaneceu constante para o manuseio da argamassa. Após 40 minutos, a argamassa começou a apresentar uma tendência de perda na retenção de fluxo com o passar do tempo e dar indicativos de perda de trabalhabilidade. Observa-se para este caso, que com 70 minutos de leitura a argamassa F2 apresentou uma perda de trabalhabilidade de aproximadamente 18% em relação a leitura inicial, enquanto a

argamassa F1, para uma leitura de 30 minutos já apresentava uma perda de aproximadamente 46% em relação a leitura inicial.

Por fim, para analisar a argamassa F3 foi necessário diminuir os intervalos de leitura da argamassa para cada 5 minutos, uma vez que a mesma apresentou rápido enrijecimento após a segunda leitura. Neste caso, assim como para a argamassa F1, a argamassa F3 também não apresentou um tempo de manutenção de trabalhabilidade constante para seu manuseio, demonstrando uma tendência de queda brusca na retenção de fluxo da mistura. Após a leitura de 10 minutos, a argamassa não apresentou mais trabalhabilidade para seu manuseio, vindo a endurecer muito rapidamente, antes que pudesse ser efetuada a próxima leitura de 15 minutos.

Chama-se atenção aqui para a importância desse ensaio para a aplicação prática da argamassa, e a necessidade de um maior cuidado com o tempo de trabalhabilidade inicial dessa mistura, principalmente quando em sua aplicação em obras de maior porte, que necessitem bombear o produto (sem causar o entupimento das bombas). A norma americana ASTM C1708 (2012), conforme já citada no capítulo 2.1.10 deste trabalho não estipula parâmetros mínimos ou máximos esperados para este ensaio, mas ressalta a necessidade da argamassa apresentar um tempo de retenção de trabalhabilidade suficiente a ponto de não comprometer com a aplicação e acabamento do material.

Jawahar et. al. (2013) *apud* RILEM (2000)¹⁰ ainda complementam, mencionando que os valores de retenção de fluxo considerados ideais, para o caso de concreto auto-adensáveis, geralmente devem ser mantidos próximos aos valores iniciais, durante os 60 a 90 minutos após a colocação de água na mistura. Valores estes, que só seriam alcançados neste ensaio pela argamassa F2.

Em estudos comparativos em argamassas, os mesmos autores ainda observaram que esses valores de tempo de retenção podem ser alcançados. Entretanto é importante observar que tais valores variam em função dos aditivos e materiais empregados na mistura. Para uma relação a/c de 0,32, com 0,9% de aditivo superplastificante o valor de retenção inicial encontrado para dosagens de argamassas autonivelantes foi de 30,1cm, passando para um valor de 29,2cm após 60 minutos do preparo da argamassa. Ou ainda, para uma relação a/c de 0,36, com 0,9% de aditivo superplastificante e 0,2% de aditivo modificador de

¹⁰ RILEM TC 174 SCC. Self compacting concrete State-of-the-art report of RILEM technical committee 174-SCC. Skarendahl A, Petersson O.: editors, RILEM Publications S.A.R.L., France, 2000.

viscosidade, o valor de retenção inicial de 29,3cm, passou para um valor de 28,2cm após 60 minutos (JAWAHAR et. al. 2013).

4.2.1.1 Tempo de pega por calorimetria

O ensaio de tempo de pega pelo método de calorimetria isotérmica foi realizado em todas as argamassas analisadas. As curvas dos fluxos de calor geradas por cada amostra de argamassas podem ser visualizadas na Figura 52.

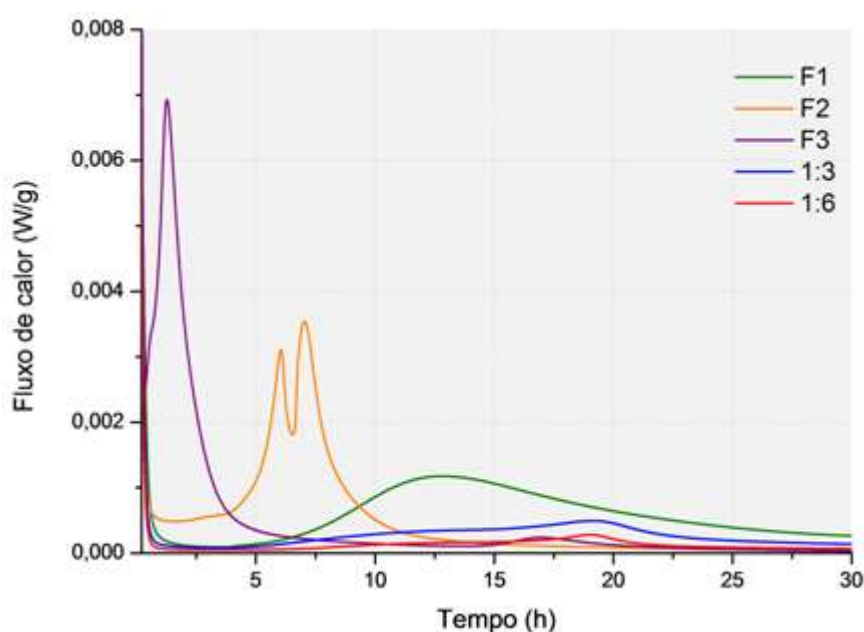


Figura 52 - Curvas de fluxo de calor gerado pelas argamassas analisadas

A partir do gráfico das curvas, foram determinados os tempos de início e fim de pega das amostras, (cujos gráficos correspondentes para cada determinação encontram-se no apêndice B), e os resultados podem ser observados na Tabela 26.

Tabela 26 - Tempo de início e fim de pega das argamassas analisadas

ARGAMASSA	1:3	1:6	F1	F2	F3
Início de pega	4h 45min	6h 6 min	6h 30min	5h 6min	44min
Fim de pega	8h 58min	10h 12min	10h 53min	6h	1h 12min

Observa-se que dentre as argamassas analisadas a que apresentou um menor tempo de pega foi a argamassa F3 que marcou tempo de início do período de indução da pega em 44 minutos e tempo de fim de indução da pega em 1 hora e 12 minutos. A rapidez com que a argamassa enrijeceu já pôde ser observada anteriormente no ensaio de retenção de fluxo (Figura 51). A argamassa F2 apresentou tempo de pega superior ao da argamassa F3 para início e fim da indução da hidratação, com cerca de 5 e 6 horas, respectivamente, seguida

da argamassa F1. As argamassas "farofas", por sua vez, apresentaram tempos de hidratação compreendidos em torno de 5 a 10 horas, concomitantemente.

Em estudos com argamassas com proporções semelhantes às argamassas farofas dosadas nesta pesquisa, com traço 1:2 e relação a/c de 0,4, Sahmaran, Christianto e Yaman (2006), encontraram valores de início e fim de pega similares, compreendidos entre 333min e 583min (5h:33min e 9h:43min), respectivamente. Já para a produção com o mesmo traço, de argamassas autonivelantes, os autores encontraram, com o auxílio de aditivos superplastificantes (1,5%) e modificadores de viscosidade (1,5%), tempos de hidratação compreendidos entre 479min e 676min (8h e 11h 16min) para início e fim de pega, respectivamente.

Observa-se então, que as argamassas autonivelantes utilizadas neste estudo, apresentaram comportamento semelhante às argamassas farofas, no que diz respeito a tempos de início e fim de pega, não indo de encontro com os valores encontrados por Sahmaran, Christianto e Yaman (2006). Entretanto, sabe-se que o fenômeno de hidratação é resultante não só de um processo químico entre os compostos constituintes das argamassas, mas também de um processo físico, que varia em função da composição e propriedades dos materiais de cada mistura.

Assim, apesar de não saber quais aditivos químicos estão presentes nas formulações das argamassas autonivelantes analisadas nesta pesquisa, acredita-se que o curto período de hidratação apresentado pela argamassa F3, tenha se dado não só em função dos polímeros, que possivelmente estejam presentes em sua composição, mas em função de suas propriedades físicas, observadas anteriormente (Tabela 10). A argamassa apresentou elevado teor de finos (cerca de 62%), granulometria contínua e elevada área superficial de suas partículas, que podem ter contribuído para a redução de valores observado nos tempos de início e fim de pega, acelerando o processo de hidratação da mesma. O oposto também pôde ser observado com a argamassa F1, que apresentou os maiores tempos de hidratação, entre as argamassas autonivelantes, apresentando o maior módulo de finura, o menor teor de finos e a menor área superficial das partículas.

4.2.1.2 Reometria rotacional

Os resultados obtidos das argamassas analisadas na reometria rotacional estão apresentados através dos gráficos de tensão x taxa de cisalhamento (Figura 53) e viscosidade x taxa de cisalhamento (Figura 55).

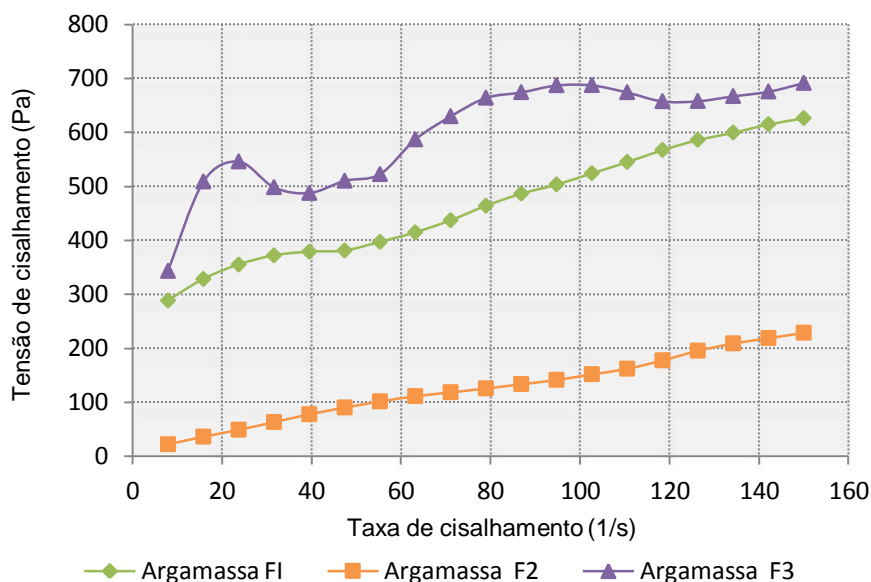


Figura 53 - Análise reológica das argamassas por reometria rotacional: tensão x taxa de cisalhamento

Analisando o gráfico de tensão x taxa de cisalhamento (Figura 53), observou-se que as argamassas F1 e F2 apresentaram comportamento de Fluidos Binghamianos, como já esperado para pastas de cimento, onde a relação entre a tensão e taxa de cisalhamento é linear. Já a argamassa F3, apresentou comportamento de fluidos do modelo de Herschel-Bulkley, onde a relação entre a tensão e a taxa de cisalhamento apresentam um conduta não-linear, exibindo um comportamento pseudoplástico ou dilatante (SCHRAMM (2006) e CASTRO (2007)). Esse último contudo, só foi observado até uma taxa de cisalhamento de 40/s, onde a argamassa passou a apresentar uma descontinuidade desse comportamento.

Acredita-se que essa descontinuidade de comportamento seja resultante de um "efeito de parede" (ocorrido entre a argamassa, o recipiente e a palheta do reômetro) aliado à fatores como: a alta viscosidade inicial do material, o rápido enrijecimento da mistura e ao aumento da taxa de cisalhamento. O fenômeno do "efeito de parede" conforme já observado em estudos em concreto por Castro (2004) e em argamassas por Ribeiro e Rodrigues (2009), faz com que as partículas mais finas do material em questão, durante o processo de moldagem ou mistura, se dirijam preferencialmente para as paredes do recipiente que o contém.

Assim, para o caso da argamassa F3, observou-se um acúmulo de material nas paredes do recipiente, devido as rápidas mudanças de seu estado fluído para sólido, onde a pasta que envolvia a palheta sofreu um enrijecimento e a mesma permaneceu rotacionando em um acúmulo de água, na região de seu entorno. Fato este que pode ter contribuído para a variabilidade da tensão de cisalhamento observado na figura anterior, e que não foi percebido com tanta intensidade nas demais argamassas (Figura 54).

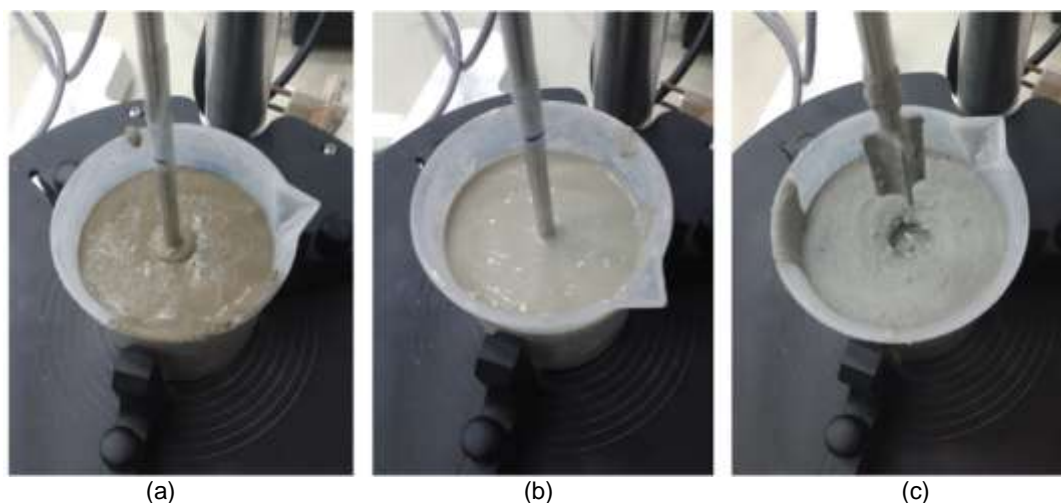


Figura 54 - Ensaio de reometria sendo realizado: (a) Argamassa F1; (b) Argamassa F2; (c) Argamassa F3 (demonstrando o efeito de parede, aliado ao rápido enrijecimento do material)

Apesar do ocorrido, foi possível verificar o aumento da viscosidade das argamassas ao longo do tempo através do aumento da tensão de cisalhamento necessária para o giro da palheta. A argamassa F3 apresentou dentre todas as argamassas analisadas, a maior tensão de cisalhamento inicial, necessária para dar início ao seu escoamento, seguida da argamassa F1 e por conseguinte, da argamassa F2.

O mesmo comportamento pode ser visto no gráfico viscosidade x taxa de cisalhamento (Figura 55), onde a argamassa F3 apresentou dentre todas as argamassas autonivelantes, a maior das viscosidades iniciais necessárias para submetê-la a uma determinada taxa de cisalhamento (fato este possivelmente decorrente da adição de polímeros nestas misturas), seguida da argamassa F1 e da argamassa F2.

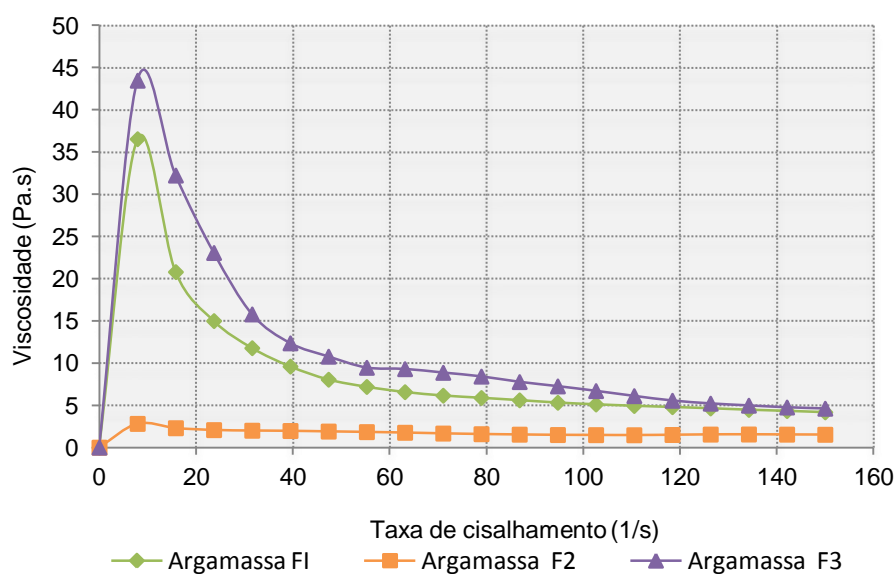


Figura 55 - Análise reológica das argamassas por reometria rotacional: viscosidade x taxa de cisalhamento



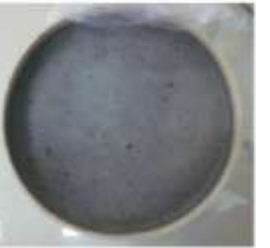
Apesar dos valores de viscosidade não terem se apresentado diretamente proporcionais ao ensaio de consistência e tempo de fluxo, observou-se que a argamassa F2, que apresentou o menor valor no ensaio de tempo de fluxo, foi a mistura que exibiu menor capacidade em resistir ao escoamento, devido a menor coesão de suas partículas.

Acredita-se ainda que a não concordância de proporcionalidade entre os ensaios mencionados sejam resultantes da comparação entre fluidos de comportamento reológicos diferentes, como já percebido anteriormente no gráfico de "tensão x taxa de cisalhamento". A argamassa F3, apesar de possuir a maior das viscosidades observadas, e alta retenção de fluxo, apresentou boa fluidez, muito provavelmente devido ao seu comportamento reológico pseudoplástico.

4.2.1.3 Exsudação

O ensaio de exsudação realizado mediu a taxa de água que se desprendia das misturas das argamassas, após seu preparo. O ensaio foi realizado nas três argamassas autonivelantes e o resultado pode ser visto na Tabela 27, ou apêndice B.

Tabela 27 - Valores médios obtidos para o ensaio de exsudação das argamassas

ARGAMASSA	F1	F2	F3
Taxa média de água exsudada	0%	0%	0%
FOTO			

Como pode ser observado, nenhuma argamassa autonivelante analisada apresentou exsudação de água da mistura. Este fato pode ter sido decorrente do rápido enrijecimento do material (F3) e perda de trabalhabilidade das misturas com o passar do tempo (F1 e F2), conforme já demonstrado no ensaio anterior de retenção de fluxo. Além disso, as misturas apresentam um elevado teor de finos e (provavelmente) aditivos químicos que auxiliam na coesão do material, diminuindo a exsudação de água das misturas.

Martins (2009) evidencia que a utilização moderada de aditivos modificadores de viscosidade mantêm as partículas finas da mistura suspensas, fornecendo coesão ao material e evitando a ocorrência de segregação e exsudação da argamassa. Ensaio realizados por Fiorentin (2011) em argamassas de concreto auto-adensáveis, também observam que a adição de filler calcário, aditivo modificador de viscosidade e aditivos superplastificantes, em determinado teores e combinações, são eficientes no controle da exsudação.

4.2.1.4 Densidade de massa e teor de ar aprisionado no estado fresco

O ensaio para obtenção da densidade de massa e teor de ar aprisionado foi realizado em todas as argamassas analisadas, tanto do tipo "farofa" como do tipo autonivelante, conforme preconiza a NBR 13278 (ABNT, 2005). Na Tabela 28, é possível observar os valores médios encontrados para a densidade de massa e os teores de ar aprisionado para cada argamassa, e na Figura 56 os valores plotados para melhor visualização. Os valores individuais para este ensaio podem ser visualizados no apêndice B.

Tabela 28 - Densidade de massa e teor de ar aprisionado das argamassas analisadas

ARGAMASSA	Densidade média de massa (kg/m ³)	Desvio padrão (kg/m ³)	Coefficiente de variação (%)	Teor de ar incorporado (%)
1:3	1727,97	25,63	1,48	25,17
1:6	1770,19	16,01	0,90	23,04
F1	1910,62	29,93	1,57	9,00
F2	2030,80	11,48	0,57	1,66
F3	1980,72	15,42	0,78	3,20

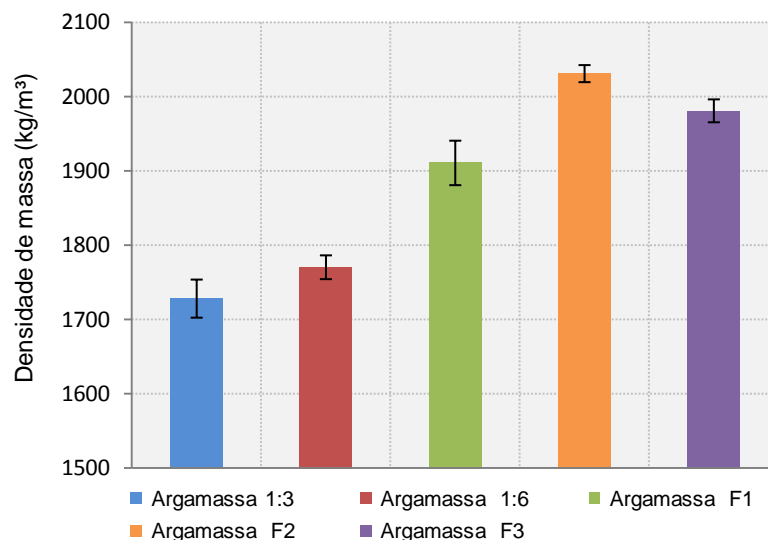


Figura 56 - Densidade de massa média das argamassas analisadas

Após a obtenção dos dados, foi realizada a análise estatística dos valores pelo método de variância (ANOVA) para verificar se as argamassas apresentam diferença estatística entre si. Os resultados dessa análise apontaram que elas apresentaram influência significativa nos valores médios de densidade de massa obtidos (Tabela 29).

Tabela 29 - Análise de variância da densidade de massa das argamassas analisadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significância
ARGAMASSA	307532	4	76883	187,5	0,0000	S
ERRO	6562	16	410			

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; Fcalc = valor calculado de F
 S = valor significativo; NS = valor não significativo
 Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

Após essa primeira análise foi realizada a análise múltipla das médias pelo método de Fischer, para verificar quais das argamassas apresentavam diferença estatística entre si. Os resultados dessa segunda análise apontaram que todas as argamassas apresentaram essa diferença, e portanto são estatisticamente diferentes (Tabela 30).

Tabela 30 - Resultados do Teste de Fischer para a densidade de massa das argamassas analisadas

ARGAMASSA	1:3	1:6	F1	F2	F3
1:3		S	S	S	S
1:6	S		S	S	S
F1	S	S		S	S
F2	S	S	S		S
F3	S	S	S	S	

S = Significativo; NS = Não significativo

Assim, foi possível observar que as argamassas "farofas" apresentaram uma densidade de massa menor quando comparadas com as argamassas autonivelantes, onde a argamassa 1:3 obteve menor densidade que a argamassa 1:6. Os valores de densidade de massa aparente encontrados para as argamassas do tipo "farofa" vão ao encontro aos obtidos por Silva *et al.* (2013) em estudos com o traço 1:3, onde observou para uma relação a/c de 0,66, 0,70 e 0,76 valores de densidade de 1609,59kg/m³, 1687,01kg/m³ e 1711,69 kg/m³, respectivamente.

Além disso, a densidade dessas argamassas está diretamente relacionada ao elevado teor de ar aprisionado nas misturas, que chegaram a 25% para a argamassa de traço 1:3 e de 23% para a argamassa de traço 1:6. A consistência seca dessas argamassas, faz com que durante a realização do ensaio, o recipiente fique com vazios entre os grãos, que contribuem para a obtenção de tais valores. Polito (2008) em estudos de argamassa de assentamento com traço 1:6 (em volume) e consistência de 250mm, alcançou valores próximos ao desta pesquisa, com 18% de ar incorporado.

As argamassas autonivelantes, por sua vez, apresentaram como já esperado os maiores valores de densidade de massa, onde a argamassa F2 obteve o maior dos valores, seguida da argamassa F3 e por fim, da F1. A diferença de seus materiais constituintes colaboram para a diferença de densidade entre as argamassas. Os valores de densidade das argamassas autonivelantes se assemelham com valores encontrados em dosagens por Freitas *et al.* (2010), que obtiveram para uma relação a/c de 0,41 e uso cimento Portland CP II, densidade de massa de 2085kg/m³.

Os teores de ar incorporado das argamassas autonivelantes, foram inferiores aos das argamassas "farofas". A capacidade de autoadensamento das argamassas autonivelantes no recipiente ensaiado, devido sua consistência fluida, preenchendo todos os vazios do mesmo, contribuiriam para atingir com os valores finais obtidos.

4.2.2 Caracterização no estado endurecido

Na sequência serão apresentados os resultados dos ensaios no estado endurecido, obtidos pelas argamassas analisadas.

4.2.2.1 Resistência à compressão simples

O ensaio de resistência à compressão das argamassas autonivelantes (com cura controlada) se deu nas primeiras 24 horas, 7 dias e 28 dias de idade, e para as argamassas "farofas" aos 7 dias e 28 dias. Para cada argamassa também foi realizado o ensaio de compressão aos 28 dias em cp's curados em conjunto com as placas dos substratos (cuja cura sofreu ciclos de aquecimento).

Para esse ensaio, todos os dados obtidos em cada argamassa foram tratados, eliminando-se os valores espúrios que ficaram fora de um intervalo de mais ou menos 2 desvios padrões da média. Os valores resultantes foram recalculados para uma nova média final (Tabela 31) e tabelados (Figura 57) para melhor visualização. Os demais valores encontrados para este ensaio podem ser visualizados no apêndice C.

Tabela 31 - Resistência à compressão das argamassas ao longo do tempo

ARGAMASSA	Resistência média 24 horas (MPa)	Resistência média 7 dias (MPa)	Resistência média 28 dias (MPa)	Resistência média 28 dias (MPa) *Cura com ciclos de aquecimento
1:3	-	18,1	26,99	26,91
Desvio padrão	-	0,59	1,46	1,52
Coef. de variação (%)	-	3,24	5,41	5,66
1:6	-	4,80	6,77	7,47
Desvio padrão	-	0,36	0,38	0,98
Coef. de variação (%)	-	7,40	5,54	13,06
F1	4,78	13,28	17,72	25,54
Desvio padrão	0,50	0,84	1,65	1,10
Coef. de variação (%)	10,39	6,36	9,32	4,33
F2	11,43	13,39	14,36	16,08
Desvio padrão	1,23	0,58	2,19	2,88
Coef. de variação (%)	10,72	4,32	15,27	17,93
F3	7,62	10,30	10,04	14,37
Desvio padrão	0,57	0,71	0,90	3,11
Coef. de variação (%)	7,53	6,93	8,91	21,65

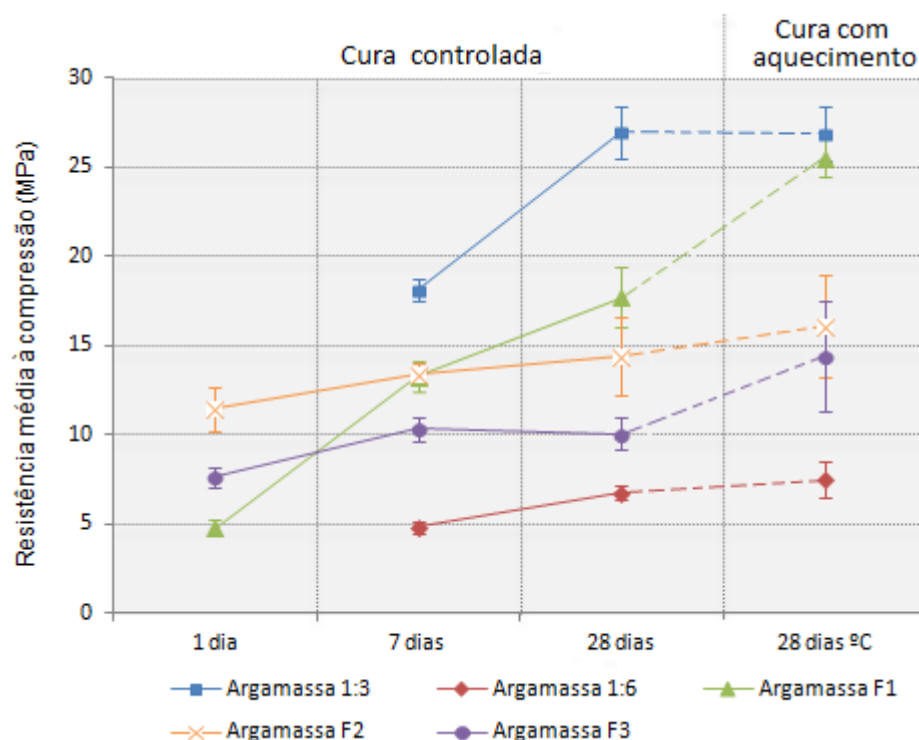


Figura 57 - Valores médios de resistência à compressão das argamassas estudadas

A análise estatística pelo método de variância (ANOVA) para verificar se as argamassas apresentam diferenças estatística entre si para o ensaio de resistência à compressão com cura controlada (Tabela 29) foi realizada apenas com 7 e 28 dias de idade das argamassas (já que o método requer variáveis iguais para todas as amostras analisadas e a idade de 1 dia só foi possível ser feita para as argamassas autonivelantes).

Tabela 32 - Análise de variância das resistência à compressão das argamassas analisadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significância
ARGAMASSA	2762,04	4	690,51	570,13	0,0000	S
DIAS DE RUPTURA	216,74	1	216,74	178,95	0,0000	S
ARGAMASSA x DIAS DE RUPTURA	223,35	4	55,84	46,10	0,0000	S
ERRO	93,26	77	1,21			

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; Fcalc = valor calculado de F
 S = valor significativo; NS = valor não significativo
 Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

Os resultados desta análise demonstrou que o tipo de argamassa, a idade de ruptura e a interação destes dois fatores apresentaram influência nos valores médios de resistência à compressão obtidos. Nas Figura 58(a) e (b) é possível observar o efeito isolado dos fatores "tipo de argamassa" e "idade de ruptura", respectivamente, nos resultados de compressão.

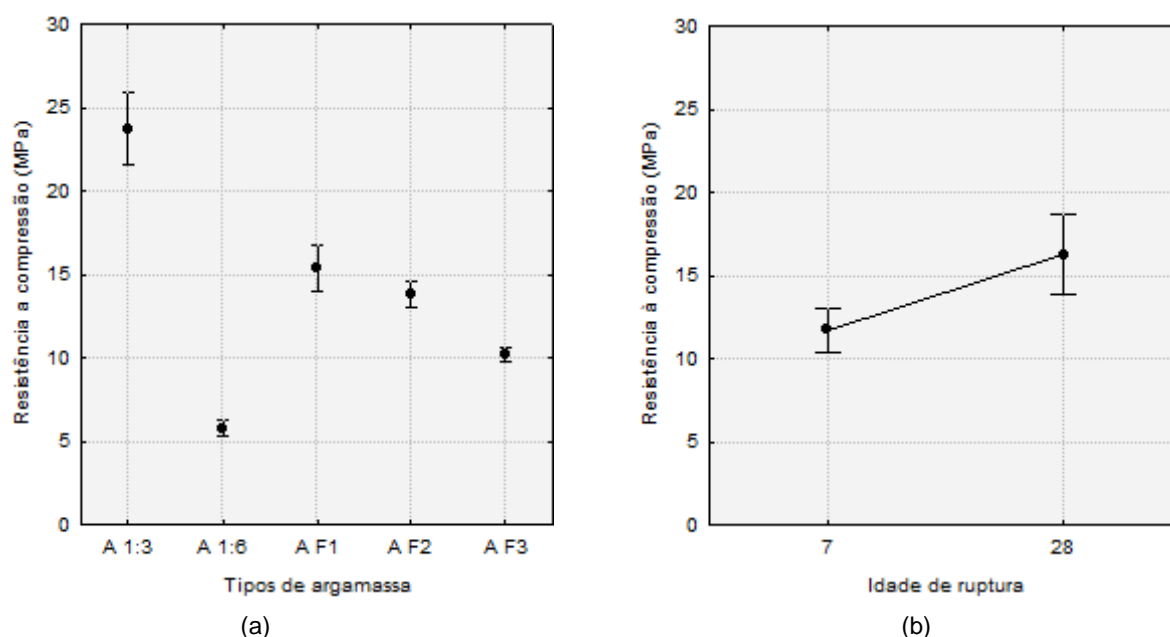


Figura 58 - (a) Efeito isolado do tipo de argamassa utilizada na resistência à compressão; (b) Efeito isolado da idade de ruptura na resistência à compressão.

Observa-se na Figura 58(a) que todos os tipos de argamassa analisadas foram estatisticamente diferentes em relação resultados de resistência à compressão. A argamassa 1:3 apresentou resistência superior à compressão (cerca de 75% maior) quando comparada com a argamassa 1:6, recomendada pela norma brasileira para utilização em contrapisos. Os valores médios obtidos para o ensaio de resistência à compressão das argamassas dosadas se assemelham aos resultados obtidos em estudos análogos desenvolvidos por Oliveira (2004), no qual o autor encontrou para traços de argamassas 1:3 e 1:5, com consistência de 240mm, valores de resistência a compressão de 31,7 MPa e 11,5MPa, respectivamente. Junior (2005) em pesquisas de argamassas de revestimento com consistência de 244cm e traço 1:6, obteve valores de resistência à compressão de 5,50 MPa.

É possível analisar também que, ao contrário do que era esperado, a argamassa 1:3 apresentou a maior resistência dentre todas as argamassas analisadas, incluindo as autonivelantes. Acredita-se que este fato seja decorrente do traço rico em cimento e baixa relação a/c, além do método de execução dessa argamassa, quando da moldagem dos cp's (conforme mencionado no capítulo 3.3.2.2) que aumentou a compacidade do material através do processo de compactação.

Sabe-se que a resistência à compressão axial é uma das propriedades dos materiais cimentícios que melhoram com a redução da relação a/c. Entretanto, Dubaj (2000) menciona que não se consegue estabelecer uma relação entre os traços de argamassa que

utilizam e os que não utilizam aditivos químicos em sua composição, como é o caso das argamassas autonivelantes.

As argamassas autonivelantes apresentaram resistências médias compreendidas entre as resistências das argamassas "farofas" de traço 1:3 e 1:6, sendo que a argamassa F1 e F2 apresentaram o mesmo comportamento do ponto de vista estatístico. Na figura Figura 58(b), observa-se também que o fator idade de ruptura apresenta influência nos resultados de compressão uniaxial das argamassas. Na Figura 59 (a) e (b) são demonstrados os efeitos da interação entre os fatores "tipo de argamassa" e "idade de ruptura" nos resultados de compressão uniaxial.

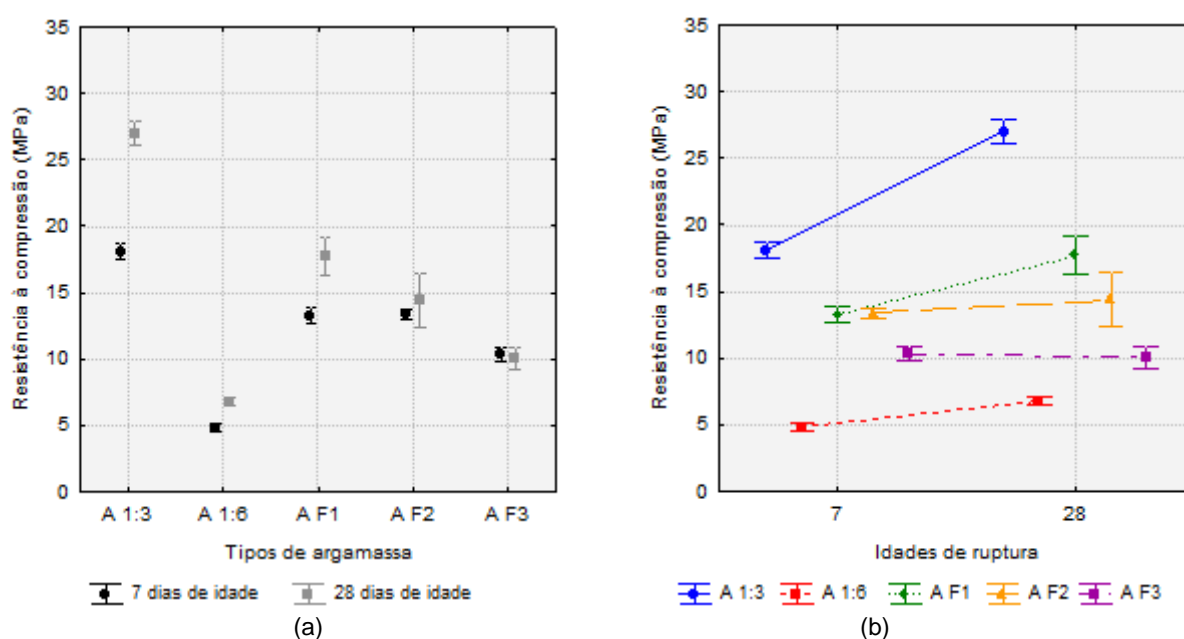


Figura 59 - Efeito da interação entre o tipo de argamassa e a idade de ruptura sobre a resistência à compressão. (a) Resistência à compressão (MPa) x tipo de argamassa; (b) Resistência à compressão (MPa) x idade de ruptura.

Devido a similaridade dos resultados, fez-se a análise múltipla de médias, pelo método de Fischer, para verificar quais fatores e interações apresentam diferença estatística significativa entre si (Tabela 33).

Tabela 33 - Resultados do Teste de Fischer para a resistência à compressão das argamassas analisadas

ARGAMASSA	IDADE DE RUPTURA	1:3	1:3	1:6	1:6	F1	F1	F2	F2	F3	F3
		7	28	7	28	7	28	7	28	7	28
1:3	7		S	S	S	S	NS	S	S	S	S
1:3	28	S		S	S	S	S	S	S	S	S
1:6	7	S	S		S	S	S	S	S	S	S
1:6	28	S	S	S		S	S	S	S	S	S
F1	7	S	S	S	S		S	NS	NS	S	S
F1	28	NS	S	S	S	S		S	S	S	S
F2	7	S	S	S	S	NS	S		NS	S	S
F2	28	S	S	S	S	NS	S	NS		S	S
F3	7	S	S	S	S	S	S	S	S		NS
F3	28	S	S	S	S	S	S	S	S	NS	

S = valor significativo; NS = valor não significativo

Os resultados apontaram que nem todas as interações entre os dois fatores analisados são estatisticamente diferentes entre si: A argamassa F1, por exemplo, com idade de ruptura de 7 dias apresentou o mesmo efeito que a argamassa F2 com as idades de 7 e 28 dias. Esta, que por sua vez, não apresentou um ganho de resistência à compressão considerada significativa com o passar da idade, ou seja, a argamassa F2 apresentou uma tendência de estabilidade no ganho de resistência após 7 dias de cura. O mesmo comportamento de estabilidade de resistência à compressão foi observado para a argamassa F3, cujos valores de resistência para os 7 e 28 dias de idade foram similares.

Acredita-se que tal fenômeno possa ter sido decorrente da presença de materiais poliméricos nas misturas destas argamassas. Conforme já observado em estudos em concreto por Ballista (2003) a adição de polímeros não gera aumento significativo na resistência do material com o passar da idade, (como quando observado em materiais cimentícios). Torgal e Jalali (2009) explicam que o ganho de resistência pode ocorrer por causa da redução da água de amassamento necessário nas misturas, causada em virtude das propriedades plastificantes desses materiais.

A argamassa F1, por sua vez, foi a única dentre as argamassas autonivelantes que apresentou uma tendência de ganho de resistência mecânica significativa após 7 dias de idade, apresentando resistência aos 28 dias significativamente igual à alcançada pela argamassa 1:3, aos 7 dias de idade. As argamassas do tipo "farofa" com traço 1:3 e 1:6 também apresentaram tendência de ganho de resistência mecânica por compressão com o aumento da idade até os 28 dias de idade. Fato este, ocasionado pela hidratação do cimento presente em suas composições.

Observa-se também que todas as argamassas autonivelantes analisadas neste ensaio apresentaram resultados de resistência à compressão compreendidos entre as faixas de

resistência alcançadas pelas argamassas do tipo "farofa". Contudo, se mensuradas pelas prescrições da EFNARC (2001), cuja resistência mínima esperada à compressão para pisos cimentícios autonivelantes deve ser maior que 20 MPa, nenhuma das argamassas autonivelantes industrializadas testadas nesta pesquisa estariam em conformidade.

Os valores alcançados pelas argamassas autonivelantes desta pesquisa, entretanto, se assemelham com os valores obtidos em estudo similar, com argamassas autonivelantes comerciais por Nakakura (1997), que obteve para solicitações de piso de uso pesado, médio e leve resistências à compressão de 12,0MPa, 5,2MPa e 10,7MPa, respectivamente. Entretanto, ficaram bem abaixo dos valores encontrados, por Sahmaran, Christianto e Yaman (2006) em pesquisa com 43 misturas de argamassas autonivelantes, dosadas com diferentes tipos de aditivos e adições minerais, cujos valores encontrados foram de 25 MPa a 55MPa.

a) Análise do efeito da cura nos resultados de resistência à compressão

Em seguida, foi realizada uma segunda análise estatística, entre os resultados de resistências à compressão aos 28 dias das argamassas estudadas, com e sem cura controlada, com o intuito de verificar se o aquecimento sofrido pelas argamassas (aplicadas nas placas de concreto) teria apresentado influência sobre os resultados.

Tabela 34 - Análise de variância das resistência à compressão com diferentes curas das argamassas analisadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significância
ARGAMASSA	3438,74	4	859,68	279,538	0,0000	S
TIPO DE CURA	139,26	1	139,26	45,282	0,0000	S
ARGAMASSA x TIPO DE CURA	136,01	4	34,00	11,056	0,0000	S
ERRO	187,60	61	3,08			

SQ = soma quadrática; GDL = grau de liberdade; MQ = média quadrática; Fcalc = valor calculado de F
S = valor significativo; NS = valor não significativo
Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

Os resultados desta segunda análise demonstrou que o tipo de argamassa, a cura e a interação destes dois fatores apresentaram influência nos valores médios de resistência à compressão obtidos. Nas Figura 58(a) e (b) é possível observar o efeito isolado dos fatores "tipo de argamassa" e "tipo de cura", respectivamente, nos resultados de compressão.

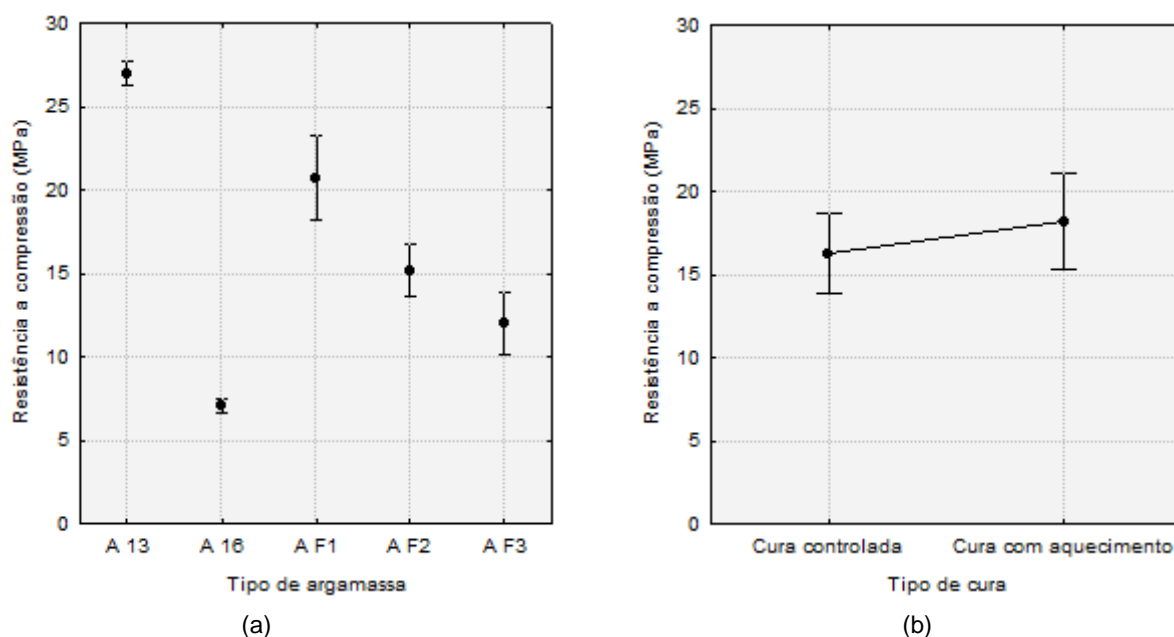


Figura 60 - (a) Efeito isolado do tipo de argamassa utilizada na resistência à compressão; (b) Efeito isolado do tipo de cura na resistência à compressão.

Observa-se na Figura 60 (a) que todos os tipos de argamassa analisadas apresentaram significância sobre os resultados de resistência à compressão obtidos, como já considerado na primeira análise, sendo que a argamassa 1:3 apresentou os maiores valores e a argamassa 1:6, os menores. Na Figura 60 (b) percebe-se que o fator "tipo de cura" também influenciou nos valores alcançados, sendo que a cura com ciclos de aquecimento provocou o aumento de resistência das argamassas. Por conseguinte, na Figura 61 (a) e (b), são demonstrados os efeitos da interação entre os fatores "tipo de argamassa" e "tipo de cura" nos resultados de resistência de aderência à tração das argamassas.

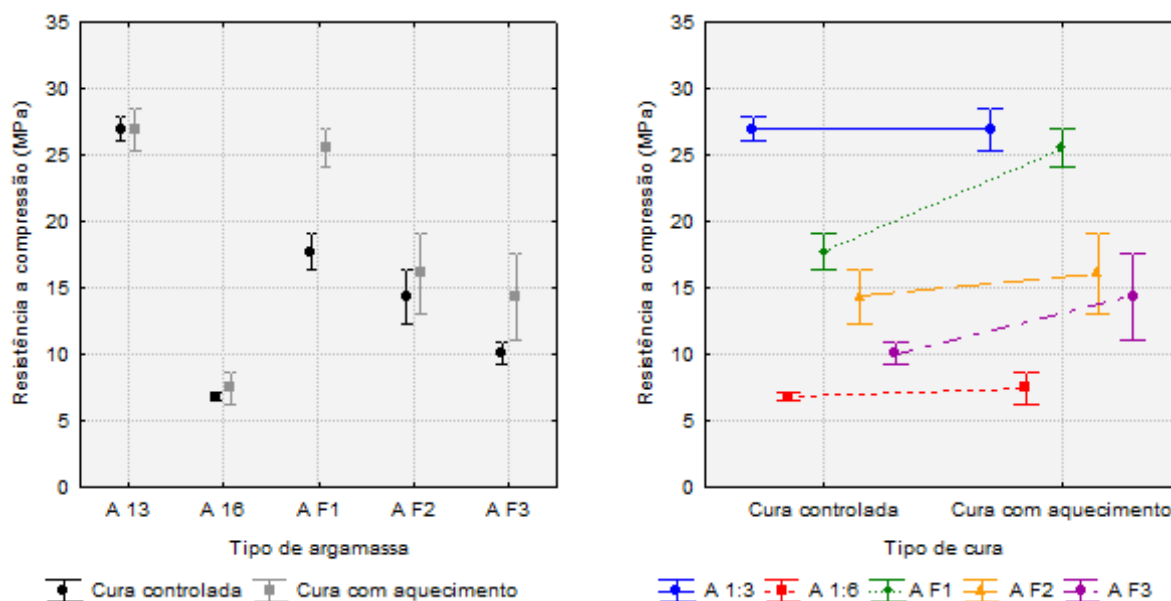


Figura 61 - Efeito da interação entre o tipo de argamassa e a idade de ruptura sobre a resistência à compressão. (a) Resistência à compressão (MPa) x tipo de argamassa; (b) Resistência à compressão (MPa) x tipo de cura

A análise múltipla de médias, pelo método de Fischer (Tabela 35), demonstra quais interações apresentam diferença estatística significativa entre si.

Tabela 35 - Resultados do Teste de Fischer para a resistência à compressão das argamassas analisadas com efeito do tipo de cura

ARGAMASSA	TIPO DE CURA	1:3	1:3	1:6	1:6	F1	F1	F2	F2	F3	F3
		C	CA	C	CA	C	CA	C	CA	C	CA
1:3	C		NS	S	S	S	NS	S	S	S	S
1:3	CA	NS		S	S	S	NS	S	S	S	S
1:6	C	S	S		NS	S	S	S	S	S	S
1:6	CA	S	S	NS		S	S	S	S	S	S
F1	C	S	S	S	S		S	S	NS	S	S
F1	CA	NS	NS	S	S	S		S	S	S	S
F2	C	S	S	S	S	S	S		NS	S	NS
F2	CA	S	S	S	S	NS	S	NS		S	NS
F3	C	S	S	S	S	S	S	S	S		S
F3	CA	S	S	S	S	S	S	NS	NS	S	

C= cura controlada; CA = cura aquecida; S = valor significativo; NS = valor não significativo

Pode-se analisar que a cura com ciclos de aquecimento só gerou efeito significativo de aumento de resistência para as argamassas F1 e F3. Esta última, apresentou ainda o mesmo comportamento com e sem cura aquecida que a argamassa F2, e sem cura aquecida da F1. As demais argamassas 1:3, 1:6 e F2 não foram influenciadas pelo aumento da temperatura durante a cura.

O ganho de resistência de argamassas autonivelantes F1 e F3 com o aumento da temperatura vão ao encontro com o comportamento observado em argamassas industrializadas de chapisco, em estudo realizado por Ruduit (2009). Embora a formulação dos produtos não seja a mesma dos desta pesquisa, o autor evidenciou que a cura úmida

associada aos efeitos de elevadas temperaturas promoviam um ganho de resistência mecânica à compressão. A hidratação do cimento das argamassas pela cura úmida era garantida e a temperatura elevada promovia uma aceleração das reações dos aglomerantes da mistura. Ruduit (2009) ainda ressalta que esse ganho de resistência varia em função do tipo de cimento, relação a/c, adições e aditivos presente na mistura. Fato esse que explicaria a não observância do ganho de resistência da argamassa F2.

Latorre (2002) levantou também a hipótese em seu estudo, com argamassa de base epóxi convencional, que a mesma não teria alcançado toda sua resistência mecânica em função da cura ter sido realizada em ambiente, com umidade relativa de 90%. Essa cura, teria causado interferência na ação do catalisador presente na mistura da argamassa, prejudicando o ganho de resistência. Ou seja, é admissível que as argamassas autonivelantes testadas nesta pesquisa, apresentassem maior resistência mecânica se curadas ao ambiente, com uma umidade relativa do ar mais baixa, ao invés de cura imersa em água com cal, como realizado. Fato que pode justificar o ganho de resistência das argamassas autonivelantes, quando submetidas a cura com ciclos de aquecimento.

De qualquer forma, para as argamassas 1:3 e 1:6, a metodologia de cura aplicada neste trabalho, aparentemente não se mostrou suficiente para causar alguma variação significativa sobre os valores de resistência à compressão dessas argamassas.

4.2.2.1 Resistência à tração por compressão diametral

O ensaio de resistência à tração das argamassas se deu nas mesmas idades que o ensaio de resistência à compressão: nas primeiras 24 horas, 7 dias e 28 dias de idade para as argamassas autonivelantes, e aos 7 dias e 28 dias para as argamassas "farofas". Os dados foram tratados eliminando os valores espúrios fora de um intervalo de mais ou menos 2 desvios padrões da média e os valores resultantes foram recalculados para um nova média final (Tabela 36) e plotados (Figura 62) para melhor visualização. Os demais valores encontrados para este ensaio, podem ser observados no apêndice C.

Tabela 36 - Resistência à tração por compressão diametral das argamassas ao longo do tempo

ARGAMASSA	Resistência média 24 horas (MPa)	Resistência média 7 dias (MPa)	Resistência média 28 dias (MPa)
1:3	-	2,38	3,28
Desvio padrão	-	0,22	0,41
Coef. de variação (%)	-	9,24	12,62
1:6	-	0,60	0,98
Desvio padrão	-	0,10	0,07
Coef. de variação (%)	-	16,23	6,69
F1	0,61	1,28	2,10
Desvio padrão	0,06	0,22	0,19
Coef. de variação (%)	9,21	17,13	8,90
F2	1,34	1,51	1,51
Desvio padrão	0,09	0,28	0,12
Coef. de variação (%)	6,51	18,62	7,78
F3	0,72	1,15	1,25
Desvio padrão	0,19	0,10	0,43
Coef. de variação (%)	26,33	8,41	34,45

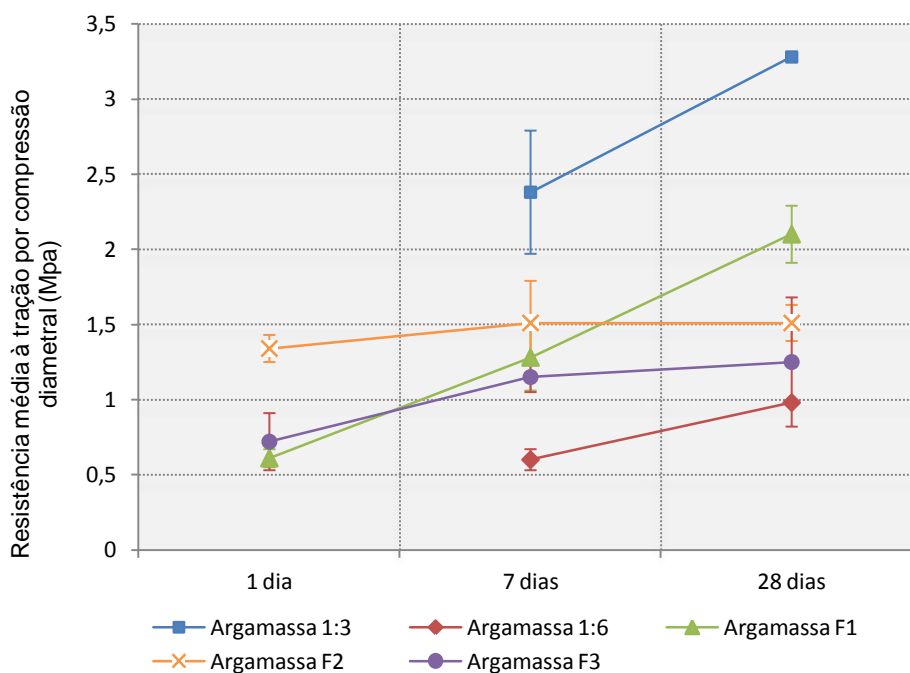


Figura 62 - Resistência à tração por compressão diametral das argamassas analisadas ao longo da idade

Da mesma forma que para o ensaio de resistência à compressão, realizou-se a análise estatística dos resultados pelo método de variância (ANOVA) (Tabela 47) com as idades de 7 e 28 dias de idade para todas as argamassas, já que a idade de 1 dia só foi avaliada nas argamassas autonivelantes.

Tabela 37 - Análise de variância das resistência à tração por compressão diametral das argamassas analisadas

	SQ	GDL	MQ	F _{calc}	Fator p	Significância
ARGAMASSA	30,83	4	7,70	117,34	0,0000	S
DIAS DE RUPTURA	3,07	1	3,07	46,79	0,0000	S
ARGAMASSA x DIAS DE RUPTURA	2,16	4	0,54	8,22	0,0000	S
ERRO	3,74	57	0,06			

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F_{calc} = valor calculado de F

S = valor significativo; NS = valor não significativo

Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

Os resultados desta análise mostraram-se proporcionais aos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão: o tipo de argamassa, a idade de ruptura e a interação destes dois fatores apresentaram influência nos valores médios de resistência à tração obtidos. Nas Figura 63 (a) e (b) é possível observar o efeito isolado dos fatores "tipo de argamassa" e "idade de ruptura", respectivamente, nos resultados de tração por compressão diametral.

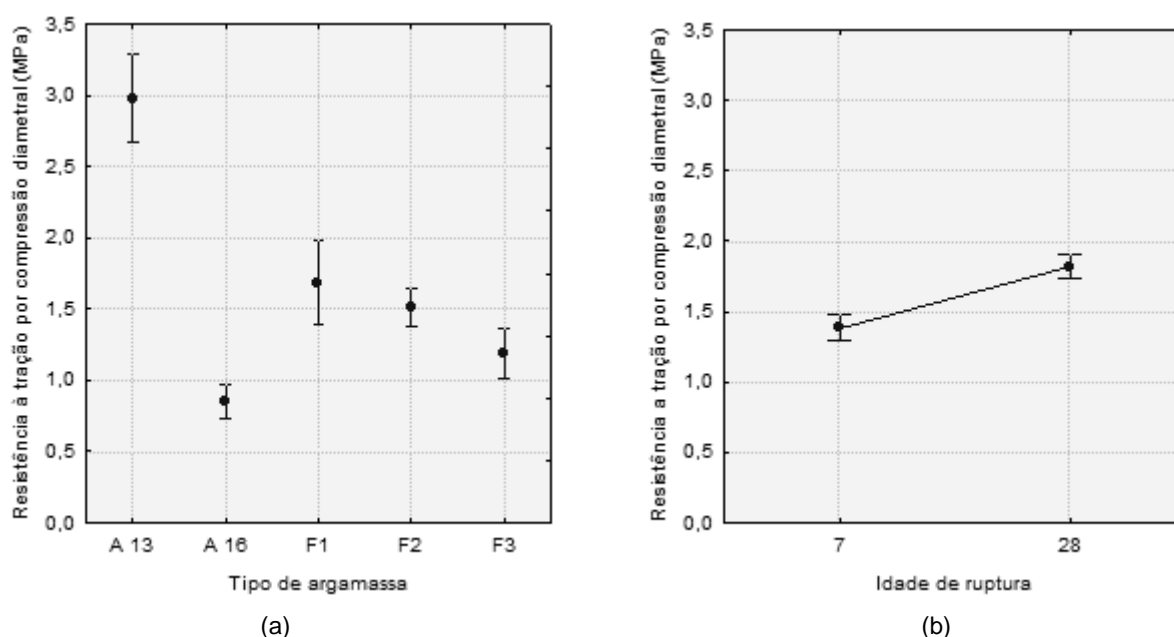
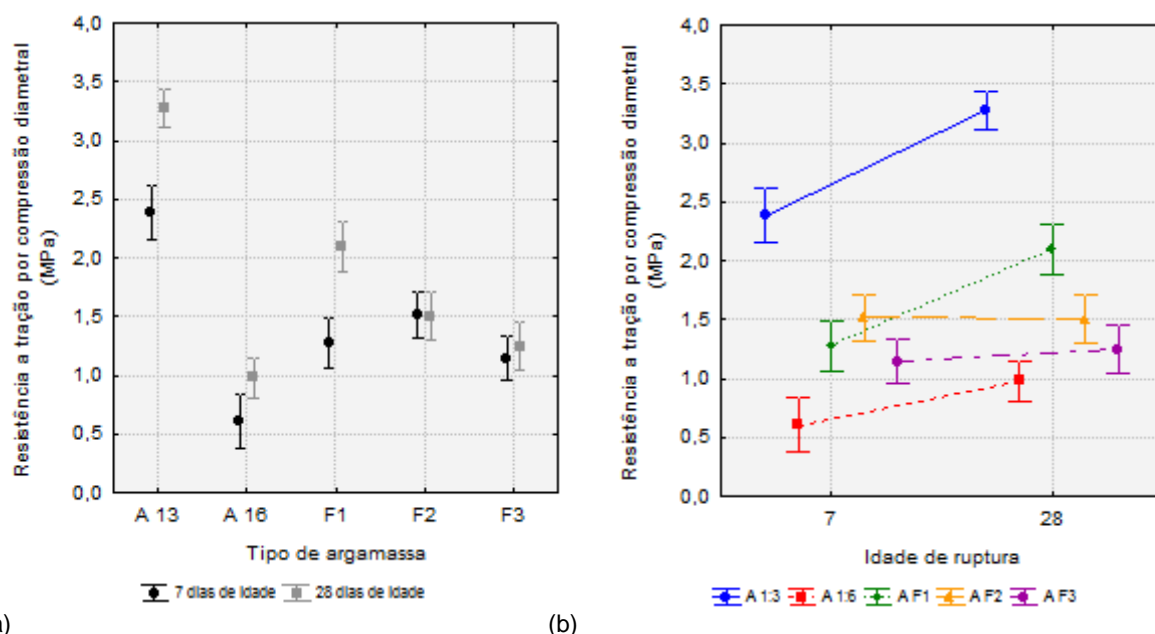


Figura 63 - (a) Efeito isolado do tipo de argamassa utilizada na resistência à tração por compressão diametral; (b) Efeito isolado da idade de ruptura na resistência à tração por compressão diametral.

Igualmente aos resultados de resistência à compressão, observa-se na Figura 58 (a) que todos os tipos de argamassa geraram algum efeito significativo sobre os resultados de resistência à tração por compressão diametral. A argamassa 1:3 apresentou resistência superior à tração dentre todas as argamassas analisadas, tanto do tipo "farofa" como autonivelantes. Estas, por sua vez, apresentaram resistências médias que ficaram compreendidas entre as resistências das argamassas "farofas" de traço 1:3 e 1:6, onde as argamassas F1, F2 e F3 obtiveram comportamento muito semelhantes entre si.

Na figura Figura 63 (b), observa-se também que o fator idade de ruptura apresentou influência nos resultados de tração por compressão diametral das argamassas, conforme já esperado, estes, mostrando-se coerentes e diretamente proporcionais aos resultados de resistência à compressão. Na Figura 64 (a) e (b), são demonstrados os efeitos da interação entre os fatores "tipo de argamassa" e "idade de ruptura" nos resultados de tração por compressão diametral.



(a) (b)
 Figura 64 - Efeito da interação entre o tipo de argamassa e a idade de ruptura sobre a resistência à tração por compressão diametral: (a) Resistência à tração (MPa) x tipo de argamassa; (b) Resistência à tração (MPa) x idade de ruptura.

Devido aos valores serem muito próximos entre si, foi realizada a análise múltipla de médias, pelo método de Fischer, para verificar quais os fatores e as interações que apresentam diferença estatística entre si (Tabela 38).

Tabela 38 - Teste de Fischer para a resistência à compressão das argamassas analisadas

ARGAMASSA	IDADE DE RUPTURA	1:3	1:3	1:6	1:6	F1	F1	F2	F2	F3	F3
		7	28	7	28	7	28	7	28	7	28
1:3	7		S	S	S	S	NS	S	S	S	S
1:3	28	S		S	S	S	S	S	S	S	S
1:6	7	S	S		S	S	S	S	S	S	S
1:6	28	S	S	S		S	S	S	S	NS	NS
F1	7	S	S	S	S		S	NS	NS	NS	NS
F1	28	NS	S	S	S	S		S	S	S	S
F2	7	S	S	S	S	NS	S		NS	S	NS
F2	28	S	S	S	S	NS	S	NS		S	NS
F3	7	S	S	S	NS	NS	S	S	S		NS
F3	28	S	S	S	NS	NS	S	NS	NS	NS	

S = valor significativo; NS = valor não significativo

Os resultados apontaram que nem todas as interações entre os dois fatores analisados são estatisticamente diferentes entre si: A argamassa F1, por exemplo, com idade de ruptura de 7 dias apresentou o mesmo efeito que a argamassa F2 e F3 com as idades de 7 e 28 dias. Além disso, as argamassas F2 e F3 não apresentaram ganho de resistência mecânica à tração por compressão diametral significativa após 7 dias, permanecendo estáveis com o passar da idade.

A argamassa F1 foi ainda a única, dentre as argamassas autonivelantes, que apresentou ganho de resistência mecânica à tração após 7 dias de idade, apresentando resistência aos 28 dias significativamente igual à alcançada pela argamassa 1:3, aos 7 dias de idade. Já a argamassa F3 apresentou comportamento aos 7 e 28 dias equivalente ao da argamassa 1:6 aos 28 dias.

As argamassas do tipo "farofa" também apresentaram ganho de resistência com o aumento da idade. A argamassa 1:3 apresentou os maiores ganhos de resistência, dentre todas as argamassas analisadas, enquanto a argamassa 1:6, a que apresentou os menores destes valores. Ao contrário do observado no ensaio de resistência à compressão, as argamassas dosadas 1:3 e 1:6 apresentaram ganho de resistência mecânica com cura aquecida, mostrando ser mais sensíveis à temperatura para este caso. O mesmo comportamento foi observado em argamassas de chapisco de traço 1:3 e 1:2, com uso de CP IV, por Rudit (2009). Os valores médios obtidos para o ensaio de resistência à tração, assim como os de compressão, também apresentaram concordância com os obtidos em estudo por Silva et al. (2013) onde os autores obtiverem em argamassas com traço 1:3 e relação a/c de 0,66, 0,70 e 0,76, valores de resistência à tração de 2,72MPa, 2,70MPa e 2,98MPa respectivamente.

As argamassas autonivelantes analisadas, de uma forma geral, apresentaram resultados de resistência à tração compreendidos entre as faixas de resistência alcançadas pelas argamassas do tipo "farofa". Se mensuradas pelas prescrições da EFNARC (2001), cuja resistência mínima esperada à tração para pisos cimentícios autonivelantes deve ser maior que 5 MPa, logo nenhuma das argamassas autonivelantes industrializadas brasileiras testadas nesta pesquisa estaria em conformidade e apresentando o comportamento mínimo esperado para o produto. Os valores alcançados pelas argamassas autonivelantes desta pesquisa, contudo, também se assemelham com os valores obtidos com argamassas autonivelantes comerciais por Nakakura (1997), que obteve para solicitações de piso de uso pesado, médio e leve resistências à tração de 2,4MPa, 1,1MPa e 2,3MPa, respectivamente.

4.2.2.1 Densidade de massa aparente no estado endurecido

O ensaio de densidade de massa aparente foi realizado em todas as argamassas analisadas. Os resultados das médias, desvio padrão e coeficiente de variação de cada argamassa podem ser analisados na Tabela 39 e observados na Figura 65. O restante dos valores correspondentes a este ensaio podem ser analisados no apêndice C.

Tabela 39 - Densidade de massa aparente média no estado endurecido aos 28 dias das argamassas analisadas

ARGAMASSA	Densidade de massa (kg/m ³)	Desvio padrão (kg/m ³)	Coefficiente de variação (%)
1:3	2198,24	22,16	1,01
1:6	1949,79	27,79	1,43
F1	1707,81	14,60	0,85
F2	1788,27	19,22	1,07
F3	1887,00	60,29	3,20

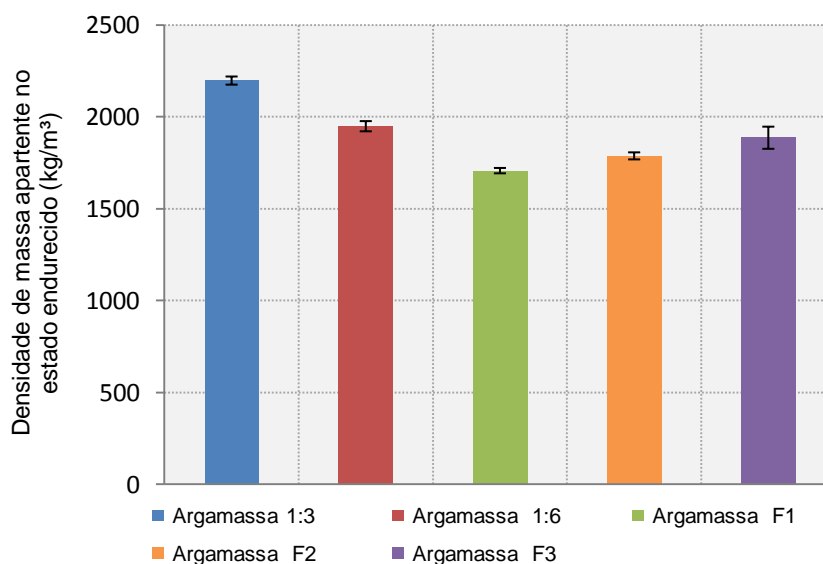


Figura 65 - Densidades médias de massa aparente das argamassas analisadas aos 28 dias

A análise de variância realizada (ANOVA) para esse ensaio demonstrou que as argamassas apresentaram influência nos valores médios de densidade de massa obtidos (Tabela 40).

Tabela 40 - Análise de variância da densidade de massa das argamassas analisadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significância
ARGAMASSA	770411	4	192603	197,8	0,00	S
ERRO	23369	24	974			

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; Fcalc = valor calculado de F
 S = valor significativo; NS = valor não significativo
 Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

O teste de Fischer, por sua vez, apontou que todas as argamassas se diferenciam estatisticamente nos valores encontrados (Tabela 41).

Tabela 41 - Resultados do Teste de Fischer para a densidade de massa no estado endurecido das argamassas analisadas

ARGAMASSA	1:3	1:6	F1	F2	F3
1:3		S	S	S	S
1:6	S		S	S	S
F1	S	S		S	S
F2	S	S	S		S
F3	S	S	S	S	

S = valor significativo; NS = valor não significativo

O ensaio demonstrou que as argamassas "farofas" apresentaram densidades de massa no estado endurecido superiores às autonivelantes, no qual a argamassa 1:3 apresentou a maior densidade. Estes resultados, entretanto, não estão em consonância com os dados encontrados para as mesmas argamassas no ensaio de densidade de massa no estado fresco, como seria esperado.

Acredita-se que este comportamento seja decorrência do modo como os corpos de prova para a realização do ensaio foram preparados: no ensaio de densidade no estado fresco os recipientes foram preenchidos de argamassa com auxílio de uma espátula, conforme recomenda a NBR 13278 (ABNT, 2005), enquanto no ensaio de densidade no estado endurecido, os recipientes foram preenchidos de argamassa com auxílio de um soquete (conforme mencionado no capítulo 3.3.2 para moldagem adequada dos corpos-de-prova). Essa diferença de preenchimento dos moldes nos ensaios possivelmente promoveu uma compactação distinta das argamassas, causando a diferença de massa encontrada entre os ensaios, uma vez que o preenchimento com auxílio de soquete ocasiona uma melhor acomodação e adensamento do material, quando comparado com o uso da espátula.

Apesar disso, os resultados encontrados para as argamassas farofas estão em acordo com resultados obtidos por SOUZA (2013), que encontrou valores de 1927 kg/m³ para o traço de argamassa "farofa" 1:5 e relação a/c 0,33. Assim como, aos valores encontrados por Silva *et al.* (2013) em estudos com o traço 1:3, que observou, para relações a/c de 0,66, 0,70 e 0,76, valores de densidade de 1996,65kg/m³, 1994,66kg/m³ e 1983,16kg/m³, respectivamente.

As argamassas autonivelantes, por conseguinte, também não apresentaram concordância com o teor de ar aprisionado nas misturas. Acredita-se que esse fato seja em virtude de diferentes materiais (agregados, aditivos, aglomerantes, adições, etc) que compõem essas argamassas, o qual, para este trabalho não se teve acesso, e que provavelmente apresentam densidades diferentes.

Os resultados encontrados para estas argamassas vão ao encontro com os resultados obtidos por Barluenga e Olivares (2010) que analisaram diferentes adições de resíduos de ardósia e aditivos químicos nas formulações de argamassas autonivelantes cimentícias. Entre as diferentes combinações testadas, os valores encontrados variaram de 2110,0kg/m³ a 1720,0kg/m³. Contudo, ficaram abaixo dos encontrados por Sahmaran, Christianto e Yaman (2006), em estudo experimental com 43 misturas de argamassas autonivelantes, cujos valores variaram de 2249kg/m³ a 2104kg/m³.

4.2.2.2 Módulo de elasticidade dinâmico

O ensaio de módulo de elasticidade dinâmico por ondas ultrassônicas foi realizado em todas as argamassas analisadas nesta pesquisa. Os resultados das médias de cada argamassa podem ser observado na Tabela 42 e na Figura 66. Outros demais valores deste ensaio, constam no apêndice C.

Tabela 42 - Resultados do módulo de elasticidade dinâmico das argamassas analisadas

ARGAMASSA	Módulo médio de elasticidade dinâmico (Gpa)	Desvio padrão (Gpa)	Coefficiente de variação (%)
1:3	36,16	0,66	1,83
1:6	17,75	0,80	4,50
F1	10,51	0,47	4,46
F2	13,31	0,14	1,04
F3	8,45	1,02	12,03

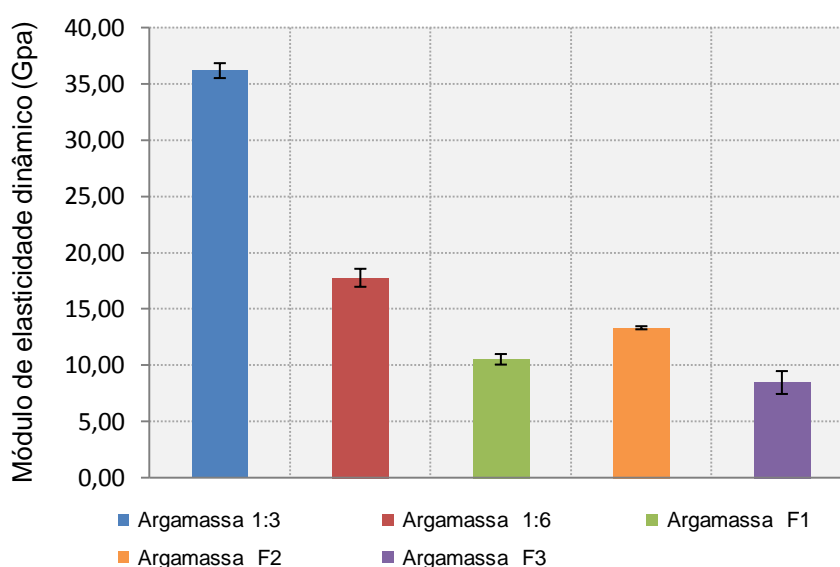


Figura 66 - Módulo de elasticidade dinâmico dos diferentes tipos de argamassas analisadas

Os resultados da análise estatística (ANOVA) demonstraram que as argamassas apresentaram influência significativa nos valores médios de densidade de massa obtidos (Tabela 43).

Tabela 43 - Análise de variância do módulo de elasticidade das argamassas analisadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significância
ARGAMASSA	2562,44	4	640,61	1479,08	0,00	S
ERRO	10,39	24	0,43			

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; Fcalc = valor calculado de F
 S = valor significativo; NS = valor não significativo
 Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

O teste de Fischer apontou que todas as argamassas apresentaram influência nos valores encontrados e que diferem estatisticamente entre si (Tabela 44).

Tabela 44 - Teste de Fischer para o módulo de elasticidade das argamassas analisadas

ARGAMASSA	1:3	1:6	F1	F2	F3
1:3		S	S	S	S
1:6	S		S	S	S
F1	S	S		S	S
F2	S	S	S		S
F3	S	S	S	S	

S = valor significativo; NS = valor não significativo

Assim, observa-se que as argamassas autonivelantes mantiveram um módulo de elasticidade mais baixo, enquanto que as argamassas do tipo "farofa" apresentaram valores bem superiores a estes, ou seja, alta e baixa capacidade de absorver possíveis deformações e resistir à fissurações, respectivamente. A diferença de valores encontrada entre as argamassas são decorrentes dos seus materiais constituintes, onde argamassas com elevado teor de cimento em sua composição, apresentam elevado módulo de elasticidade (OLIVEIRA, 2004).

As argamassas dosadas do tipo "farofa" apresentaram proporcionalidade com a densidade de massa no estado endurecido das misturas, e ainda, conforme já observado em estudo similar por Silva e Campiteli (2008), capacidade de deformação associada às resistências à compressão, de tração e de aderência à tração. Os altos valores encontrados para essas argamassas estão de acordo com os observados por Oliveira (2004) em argamassa 1:3 e 1:5, com consistência de 240mm, de 32,1 GPa e 25,1 GPa, respectivamente. E ainda, com a pesquisa de Polito (2008), para argamassas 1:6, com consistência de 270mm, cujo valor alcançado foi de 13,66 GPa.

Por conseguinte, acredita-se que os baixos valores encontrados para as argamassas autonivelantes sejam decorrentes da adição de polímeros na composição dessas argamassas. Conforme lembra Ribeiro (2012), a adição de polímeros em argamassas cimentícias conferem menor rigidez à matriz do material e conseqüentemente menor módulo de elasticidade. Este, que por sua vez pode ser reduzido significativamente de acordo com o tipo e teor de polímero empregado (PENA, 2004).

Ribeiro (2012) em estudo com argamassas de reparações estruturais, observou que uma relação de polímero de estireno-butadieno/cimento de 20%, promove uma redução no módulo de elasticidade de 34GPa para 21GPa. Pena (2004) também analisou que a adição de 8% de polímero butilacrilato-estireno em uma argamassa de traço 1:1 com relação a/c de 0,30, causam uma redução de 22% no módulo de elasticidade do material, passando de 34GPa para cerca de 26,5GPa.

É importante destacar que elevados teores de polímeros possivelmente presentes nestas misturas, conferem as argamassas analisadas baixos valores de módulo de elasticidade, ficando bem abaixo do esperado pelas referências. Os mesmos entretanto, colaboraram com a ausência do aparecimento de fissuras nas argamassas, durante todo o programa experimental.

4.2.2.3 Absorção de água por capilaridade

O ensaio de absorção de água por capilaridade foi realizado em todas as argamassa. Os resultados das médias, desvios e coeficiente de variação de cada argamassa podem ser analisados na Tabela 45 e observados na Figura 67. No apêndice C encontram-se os demais valores deste ensaio.

Tabela 45 - Absorção de água por capilaridade média das argamassas analisadas aos 28 dias

ARGAMASSA	C médio (g/dm².min^{1/2})	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
1:3	1,92	0,13	7,01
1:6	3,92	0,48	12,27
F1	5,05	0,84	16,60
F2	2,52	0,20	8,00
F3	1,17	0,26	21,90

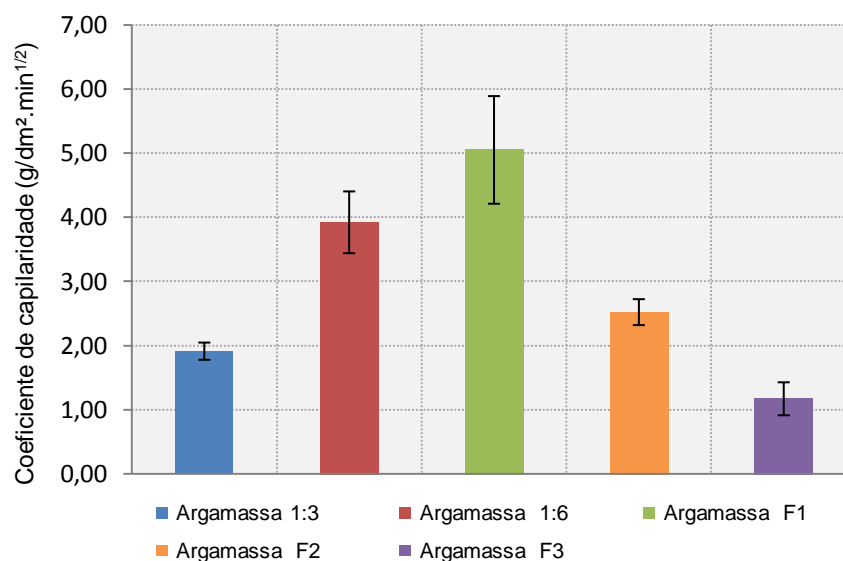


Figura 67 - Coeficiente médio de capilaridade das argamassas analisadas

A análise de variância (ANOVA) realizada demonstrou que o tipo de argamassa apresenta influência nos valores médios de absorção de água por capilaridade obtidos (Tabela 46).

Tabela 46 - Análise de variância da absorção de água por capilaridade

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significância
ARGAMASSA	54,32	4	13,58	59,8	0,000000	S
ERRO	5,21	23	0,22			

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; Fcalc = valor calculado de F
 S = valor significativo; NS = valor não significativo
 Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

O teste de Fischer, por sua vez, apontou que todas as argamassas diferem estatisticamente entre si (Tabela 47).

Tabela 47 - Teste de Fischer para a absorção de água por capilaridade

ARGAMASSA	1:3	1:6	F1	F2	F3
1:3		S	S	S	S
1:6	S		S	S	S
F1	S	S		S	S
F2	S	S	S		S
F3	S	S	S	S	

S = valor significativo; NS = valor não significativo

Observa-se que, analisando de forma isolada as diferentes argamassas, os resultados obtidos para este ensaio apresentaram comportamento inversamente proporcional aos de densidade de massa no estado endurecido, ou seja, quanto menor a densidade, maior a quantidade de poros da mistura e maior o coeficiente de água por capilaridade observado.

Entretanto, não foi possível correlacionar o teor de ar aprisionado com o coeficiente de capilaridade para as argamassas do tipo "farofa", devido ao método de compactação necessário para essas misturas durante o processo de moldagem, como já mencionado anteriormente (e executado na prática). Assim, entre as argamassas farofas, a argamassa de traço 1:3 apresentou menor coeficiente de absorção de água por capilaridade do que a argamassa 1:6, conforme esperado.

Santos (2011) lembra que o aumento no teor de agregados da argamassa eleva a absorção por capilaridade do material, devido a um incremento do volume de vazios, ou seja, ocorre um aumento da porosidade da argamassa em função de um menor teor de aglomerante na mistura, resultando numa matriz mais permeável. Analisando o coeficiente de capilaridade de argamassas com traço 1:3 e 1:7, com consistência de 180mm e agregado artificial de mármore, o mesmo autor observou essa relação entre o aumento do teor de agregado nos resultados, encontrando valores para os respectivos traços de $0,67 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ e $1,33 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$.

Entre as argamassas autonivelantes, por sua vez, foi possível correlacionar os coeficientes de capilaridade com os valores de densidade de massa no estado endurecido e os teores de ar aprisionado nas misturas. A argamassa F1 apresentou o maior dos coeficientes de absorção de água por capilaridade, seguida da argamassa F2 e por conseguinte, da argamassa F3.

Os valores de coeficientes de absorção de água por capilaridade obtidos para as argamassas autonivelantes, não puderam ser mensurados com outras referências, uma vez que a metodologia de ensaio realizada por estas, diferem da utilizada no Brasil, imergindo os cp's do ensaio totalmente em água. Para esta metodologia Mohseni *et al.* (2015) encontraram valores de absorção para argamassas autonivelantes com relação a/c de 0,53 e consistência de 245mm, correspondendo a 8,7%. Uygunoglu e Topçu (2010), da mesma forma, encontraram para argamassas autonivelantes com relação a/c de 0,4, 0,43, 0,47 e 0,51 e consistências de 110mm, 135mm, 250mm e 275mm, absorções de 7%, 7,2%, 9% e 11%, respectivamente.

Contudo, foi possível observar que as argamassas farofas (ao contrário do imaginado), ficaram compreendidas entre as faixas de valores dos coeficientes de capilaridade das argamassas autonivelantes. A argamassa F1 foi a argamassa dentre todas as analisadas que mais absorveu água, seguida da argamassa 1:6, F2, 1:3 e F3.

4.2.2.4 Resistência de aderência à tração

Para a realização do ensaio resistência de aderência à tração das argamassas aplicadas nos substratos de concreto (com cura controlada e cura com ciclos de aquecimento), os dados obtidos foram tratados da seguinte forma: os corpos-de-prova cujas pastilhas apresentaram falhas de colagem foram descartados, conforme recomenda a NBR 13528 (ABNT, 2010) e dos valores restantes, pelo ensaio apresentar um alto índice de variabilidade, foram eliminados os resultados que ficaram fora do intervalo de mais ou menos 2 desvios padrões da média.

Entretanto, observou-se que durante a realização do ensaio, a cola epóxi utilizada para a colagem das pastilhas não apresentou resistência suficiente para dar ancoragem entre a pastilha e a argamassa, não sendo possível efetuar o correto arrancamento dos cp's. O problema acarretou em descolamentos em grande parte na interface argamassa/cola ou ainda, a extração equivocada do corpo-de-prova com a ruptura na camada mais superficial (e fraca) da argamassa (Figura 68 (a) e (b)). Acredita-se que o ocorrido possa também ter sido decorrência da elevada resistência mecânica apresentada pelas argamassas no estudo em questão.



Figura 68 - Problemas com a cola epóxi. (a) Falta de ancoragem entre a pastilha e a argamassa. (b) Extração equivocada do corpo-de-prova.

As pastilhas que apresentaram o problema foram então limpas e recoladas, para realização de um novo arrancamento. Contudo, ao final do ensaio, observou-se a grande incidência de recolagens das pastilhas, a insistência de descolamentos entre a interface argamassa/cola e o arrancamento equivocado do corpo-de-prova (ver apêndice C). Optou-se então, por trocar a cola epóxi por uma resina estrutural (com maior resistência) e repetir o ensaio, com a extração de novos cp's na mesma placa.

Aos 56 dias de cura das argamassas foram então refeitas 6 novas extrações em cada placa, nos espaços remanescentes da placa, para realização de novas leituras de aderência,

somando mais 12 cp's extraídos para cada argamassa, com a resina estrutural. Chama-se atenção aqui, que a metodologia adotada para essa nova extração não ficou de acordo com o preconizado pela NBR 13528 (ABNT, 2010), que estipula que os pontos de arrancamento devem estar espaçados entre si, além dos cantos e das quinas, em no mínimo 50mm.

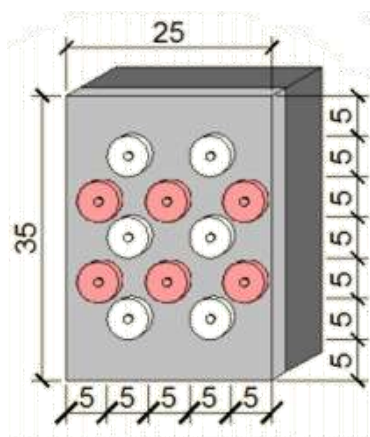


Figura 69 - Novo esquema de extração dos cp's (vermelho) nas placas de concreto (medidas em cm)
Fonte: Adaptado de Stolz (2011)

Os valores alcançados para o segundo arrancamento acabaram sofrendo um efeito de borda, que baixou a resistência alcançada pelos cp's durante o ensaio. Entretanto, essa variável foi aplicada para todas as argamassas, quando da análise final dos dados. Assim, os valores finais obtidos pelo sistema concreto-argamassa após esse tratamento podem ser visualizados nas Tabela 48, 55, 56, 57 e 58, que seguem.

Tabela 48 - Resistência de aderência à tração da argamassa 1:3 aos 56 dias

ARGAMASSA 1:3											
CURA CONTROLADA						CURA COM CICLOS DE AQUECIMENTO					
CP	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura				CP	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura			
		Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola			Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	3,98		90	10		1	2,11		90	10	
2	3,06		20	80		2	1,92		80	20	
3	1,14		70	30		3	0,11		90	10	
4	1,71		10	80		4	2,62		50	50	
5	1,22		95	5		5	2,05		90	10	
6	2,09		80	20		6	0,77		40	60	
7	2,02		30	70		7	1,55		100		
8	2,58		55	45		8	1,91		95	5	
9	1,15		60	40		9	0,89		70	30	
10	1,31		80	20		10	1,44		70	30	
11	2,73		40	60		11	1,86		75	25	
12	1,71		50	50		12	1,89		100		
Média (MPa)			1,88			Média (MPa)			1,71		
Desvio padrão (MPa)			0,68			Desvio padrão (MPa)			0,54		
Coeficiente de variação (%)			35,89			Coeficiente de variação (%)			31,48		

Tabela 49 - Resistência de aderência à tração da argamassa 1:6 aos 56 dias

ARGAMASSA 1:6											
CURA CONTROLADA						CURA COM CICLOS DE AQUECIMENTO					
CP	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura				CP	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura			
		Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola			Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	0,53		90	10		1	0,50		20	80	
2	> 1,12			100		2	> 0,66			100	
3	> 0,68			100		3	0,81		30	60	
4	0,68		5	95		4	0,39		90	10	
5	0,73		5	95		5	> 0,60			100	
6	0,74		60	40		6	> 0,80			100	
7	0,92		5	95		7	> 0,46			100	
8	> 1,04			100		8	0,72		40	60	
9	0,86		80	20		9	> 0,77			100	
10	0,72		5	95		10	0,80		40	60	
11	> 1,25			100		11	> 1,05			100	
12	0,53		95	5		12	> 0,59			100	
Média (MPa)				0,82		Média (MPa)				0,68	
Desvio padrão (MPa)				0,23		Desvio padrão (MPa)				0,18	
Coefficiente de variação (%)				27,81		Coefficiente de variação (%)				27,11	

Tabela 50 - Resistência de aderência à tração da argamassa F1 aos 56 dias

ARGAMASSA F1											
CURA CONTROLADA						CURA COM CICLOS DE AQUECIMENTO					
CP	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura				CP	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura			
		Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola			Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	1,63		95	5		1	3,05		30	70	
2	> 2,10			100		2	> 2,92			100	
3	0,53		100			3	> 2,73			100	
4	1,47		90	10		4	3,21		10	90	
5	3,37		5	95		5	3,02		5	95	
6	1,31		95	5		6	> 2,71			100	
7	0,90		100			7	> 2,71			100	
8	> 2,74			100		8	2,51		5	95	
9	1,01		100			9	1,47		60	40	
10	0,50		100			10	2,70		80	20	
11	1,52		5	95		11	2,83		70	30	
12	1,02		100			12	2,41		90	10	
Média (MPa)				1,34		Média (MPa)				2,80	
Desvio padrão (MPa)				0,67		Desvio padrão (MPa)				0,24	
Coefficiente de variação (%)				49,77		Coefficiente de variação (%)				8,46	

Tabela 51 - Resistência de aderência à tração da argamassa F2 aos 56 dias

ARGAMASSA F2											
CURA CONTROLADA						CURA COM CICLOS DE AQUECIMENTO					
CP	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura				CP	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura			
		Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola			Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	3,18			90	10	1	1,88		5	95	
2	> 3,29			100		2	> 2,81			100	
3	3,07	10		90		3	2,84		5	95	
4	> 2,63			100		4	1,97		15	85	
5	2,89			90	10	5	2,15		5	95	
6	2,63	10		90		6	> 2,70			100	
7	> 2,82			100		7	2,99	5		95	
8	> 2,86			100		8	2,97		5	95	
9	> 2,87			100		9	0,86		5	95	
10	> 2,81			100		10	2,48		5	95	
11	> 2,96			100		11	> 3,03			100	
12	> 2,61			100		12	2,94		5	95	
Média (MPa)				2,81		Média (MPa)				2,61	
Desvio padrão (MPa)				0,16		Desvio padrão (MPa)				0,43	
Coeficiente de variação (%)				5,57		Coeficiente de variação (%)				16,35	

Tabela 52 - Resistência de aderência à tração da argamassa F3 aos 56 dias

ARGAMASSA F3											
CURA CONTROLADA						CURA COM CICLOS DE AQUECIMENTO					
CP	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura				CP	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura			
		Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola			Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	-		-			1	1,59		90	10	
2	-		-			2	> 1,97			100	
3	> 0,36		100			3	-		-		
4	> 0,24		100			4	1,77		90	10	
5	> 0,38		100			5	2,67		20	80	
6	1,10		95	5		6	> 0,13			100	
7*	2,55		70	30		7	2,45		90	10	
8*	2,08			90	10	8	2,80		70	30	
9*	> 1,43		100			9	2,24		90	10	
10*	2,32		95	5		10	2,47		95	5	
11*	2,80		30	70		11	2,79		80	20	
12*	1,31		100			12	2,43		90	10	
Média (MPa)				1,39		Média (MPa)				2,32	
Desvio padrão (MPa)				0,98		Desvio padrão (MPa)				0,42	
Coeficiente de variação (%)				70,84		Coeficiente de variação (%)				18,20	

*cp's extraídos da placa refeita

Na Figura 70 é possível analisar o resultado em conjunto das argamassas testadas para o ensaio de aderência à tração.

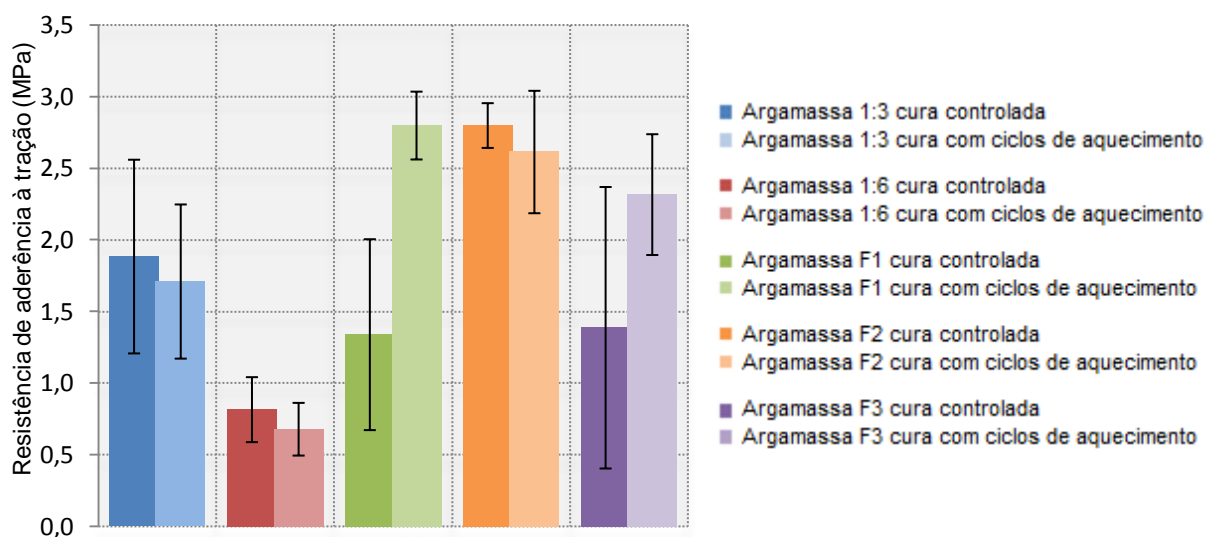


Figura 70 - Aderência à tração média das argamassas analisadas

Com o intuito de verificar a influência das diferentes curas realizadas nas argamassas sobre as propriedades de aderência, foi realizada a análise de variância (ANOVA) dos resultados. Os resultados da análise são expostos na Tabela 53.

Tabela 53 - Análise de variância da resistência de aderência tração das argamassas analisadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significância
ARGAMASSA	44,6520	4	11,1630	43,720	0,0000	S
TIPO DE CURA	3,8431	1	3,8431	15,052	0,0001	S
ARGAMASSA*TIPO DE CURA	12,6536	4	3,1634	12,390	0,0000	S
ERRO	24,7668	97	0,2553			

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; Fcalc = valor calculado de F
 S = valor significativo; NS = valor não significativo
 Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

Os resultados desta análise demonstraram que o tipo de argamassa, o tipo de cura e a interação destes dois fatores apresentaram influência nos valores médios de resistência de aderência obtidos. Na Figura 71 (a) e (b) é possível observar o efeito isolado dos fatores "tipo de argamassa" e "tipo de cura", respectivamente, nos resultados apresentados.

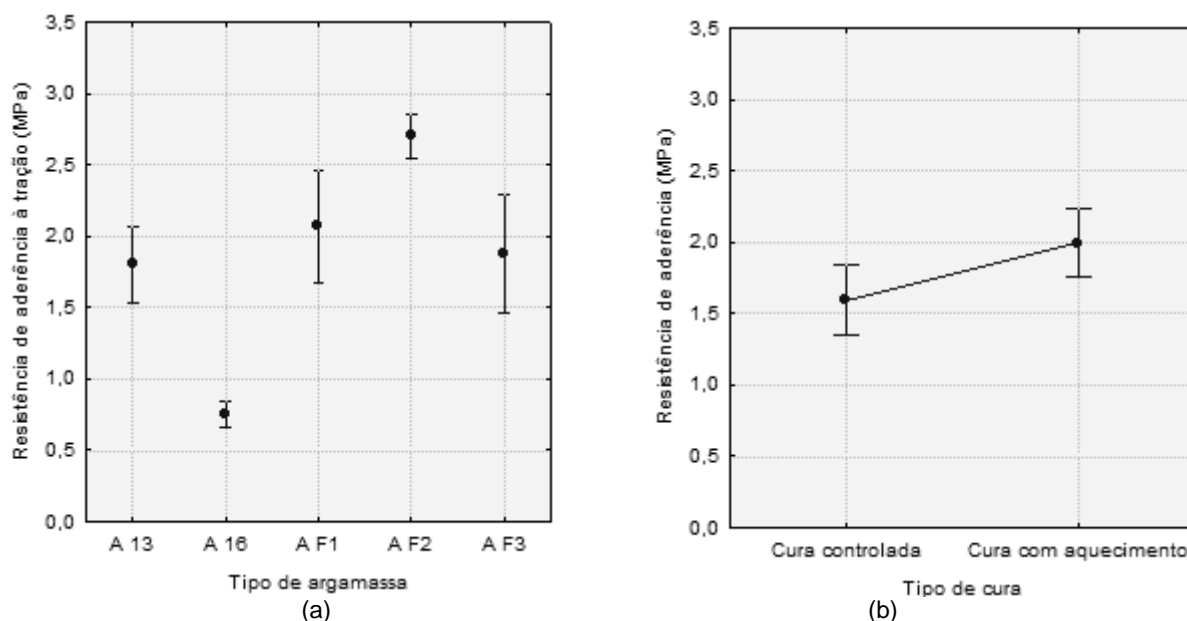


Figura 71 - (a) Efeito isolado do tipo de argamassa utilizada na resistência de aderência à tração; (b) Efeito isolado do tipo de cura na resistência de aderência à tração

Observa-se na Figura 71 (a) que as argamassas analisadas apresentaram significância sobre os resultados de resistência de aderência obtidos, sendo que a argamassa F2 apresentou os maiores valores e a argamassa 1:6, os menores. Na Figura 71 (b) observa-se que o fator "tipo de cura" também influenciou nos valores alcançados. Na Figura 72 (a) e (b), são demonstrados os efeitos da interação entre os fatores "tipo de argamassa" e "tipo de cura" nos resultados de resistência de aderência à tração das argamassas.

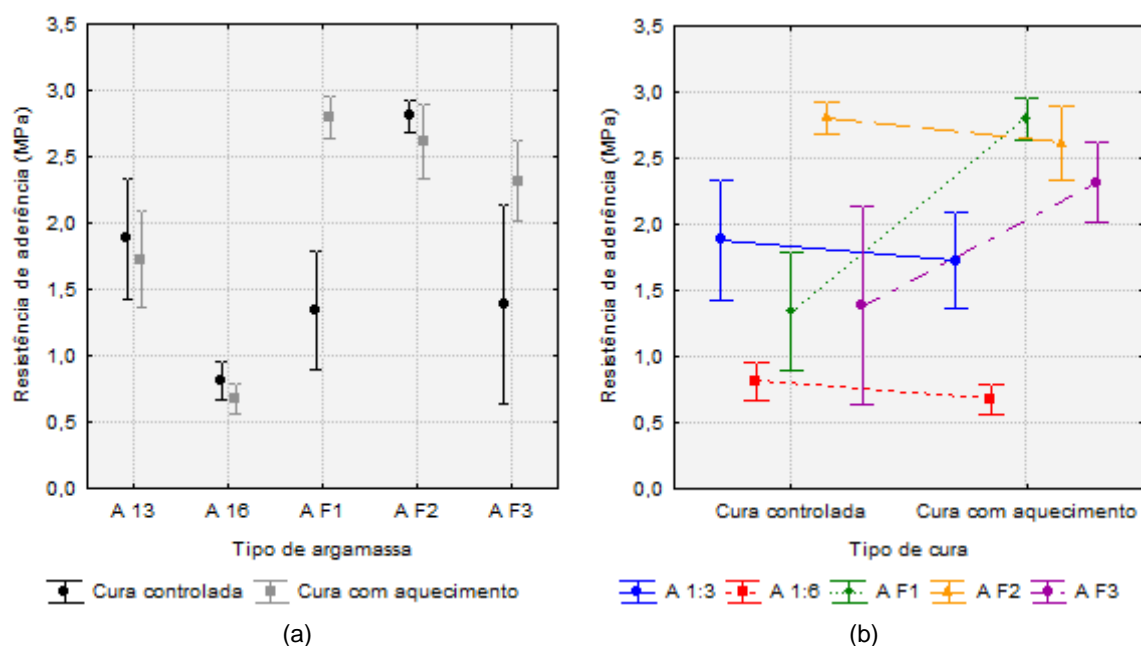


Figura 72 - Efeito da interação entre o tipo de argamassa e o tipo de cura sobre a resistência de aderência à tração: (a) Resistência de aderência à tração (MPa) x tipo de argamassa; (b) Resistência de aderência à tração (MPa) x tipo de cura.

Na sequência, foi realizada a análise múltipla de médias, pelo método de Fischer (Tabela 54) para averiguar quais fatores e interações apresentam diferença estatística significativa entre si.

Tabela 54 - Resultados do Teste de Fischer para a resistência de aderência à tração das argamassas analisadas

ARGAMASSA	TIPO DE CURA	1:3	1:3	1:6	1:6	F1	F1	F2	F2	F3	F3
		C	CA	C	CA	C	CA	C	CA	C	CA
1:3	C		NS	S	S	S	S	S	S	S	NS
1:3	CA	NS		S	S	NS	S	S	S	NS	S
1:6	C	S	S		NS	S	S	S	S	S	S
1:6	CA	S	S	NS		S	S	S	S	S	S
F1	C	S	NS	S	S		S	S	S	NS	S
F1	CA	S	S	S	S	S		NS	NS	S	S
F2	C	S	S	S	S	S	NS		NS	S	S
F2	CA	S	S	S	S	S	NS	NS		S	NS
F3	C	S	NS	S	S	NS	S	S	S		S
F3	CA	NS	S	S	S	S	S	S	NS	S	

C= cura controlada; CA = cura aquecida; S = valor significativo; NS = valor não significativo

Os resultados apontaram que analisando o ganho de resistência de aderência do sistema, entre as argamassas com cura controlada e cura com ciclos de aquecimento, a argamassa 1:3, 1:6 e F2 não apresentaram variação estaticamente significativa nos resultados. Este fato só aconteceu nos sistemas que fizeram uso das argamassas F1 e F3, cujo ganho de resistência apresentado foi de 109% e 67%, respectivamente.

Observa-se também que a argamassa F3 apresentou uma grande variabilidade nos resultados quando na cura controlada (muito superiores à variabilidade já esperada para este ensaio). Acredita-se que tal fator possa ser resultante da rápida perda de trabalhabilidade e enrijecimento da argamassa, ou ainda, de um problema de deslocamento apresentado pela mesma, ainda durante o processo de cura, como pode ser visualizado na Figura 73.

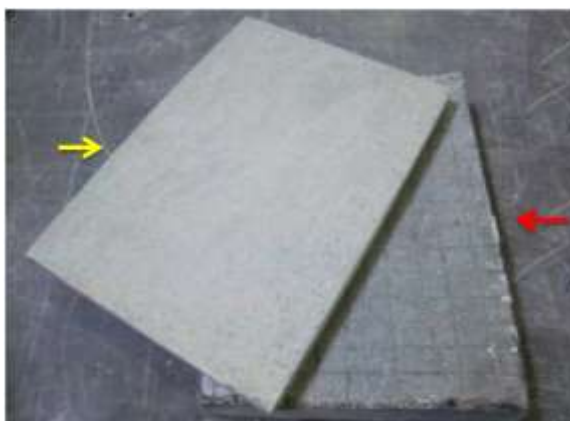


Figura 73 - Deslocamento total entre a argamassa F3 (flecha amarela) com cura controlada, e o substrato utilizado (flecha vermelha).

O deslocamento da argamassa aconteceu no dia seguinte ao da sua aplicação sobre o substrato. O fato chama atenção para um problema importante que pode estar acontecendo em decorrência das propriedades e/ou aplicação desta argamassa.

Desta maneira, optou-se por refazer todo o processo de aplicação da argamassa (explicado anteriormente na metodologia), para que os dados de aderência dessa placa pudessem ser analisados conjuntamente nesta pesquisa. Para isso, a placa foi inicialmente lixada, para retirada da camada superficial do substrato que havia recebido a camada de primer. Posteriormente, foram realizadas novas ranhuras, conforme especificações do fabricante, e aplicada uma nova camada de primer, para, na sequência, dar início à aplicação da argamassa.

Analisando todos os sistemas concreto-argamassa testados, com cura controlada, os cp's que apresentaram resultados de resistência de aderência mais elevados foram as amostras que fizeram uso da argamassa F2 e os que apresentaram os resultados inferiores, os que fizeram uso da argamassa 1:6, a qual demonstrou ser nitidamente mais fraca dentre todas as argamassas analisadas. O mesmo comportamento foi alcançado com os sistemas, com cura aquecida, sendo que o que fez uso da argamassa F1 apresentou o mesmo desempenho do sistema que utilizou a argamassa F2. Neste caso, ainda, com cura aquecida, todos os sistemas que fizeram uso da argamassa autonivelante apresentaram resistências superiores aos sistemas que utilizaram argamassa do tipo "farofa".

Como observado por Santos (2011) a resistência ao arrancamento das argamassas do tipo "farofa" foi maior para os traços mais ricos em cimento e com menor relação a/c. No caso, a argamassa 1:3 apresentou resistência ao arrancamento superior ao da argamassa 1:6. Embora em substratos diferentes, Polito (2008) encontrou valores muito semelhantes ao desta pesquisa, de 0,84 MPa, ao analisar a resistência de arrancamento de argamassa com traço 1:6, com consistência de 270mm, sobre blocos cerâmicos. Moura (2007) também observou em seu estudo uma maior resistência de aderência de argamassas de chapisco industrializadas à substratos de concreto, em comparação à argamassa convencional (dosada), devido a presença de polímeros em sua composição, que oferecem propriedades adesivas à mistura.

Do e Soh (2003) observaram que argamassas autonivelantes modificadas por polímeros formam uma "película termoplástica" na emulsão do material, que aumenta consideravelmente a adesão à substratos diferentes. Os altos valores encontrados pelos mesmos autores, de 2,25MPa, 2,75MPa, 2,25MPa e 2,4MPa, em argamassas

autonivelantes modificadas por resina de uretano, resina epóxi, látex de estireno-butadieno e éster poliacrílico, respectivamente, se assemelham aos valores obtidos nesta pesquisa.

- a) Análise da incidência de valores quanto a resistência de aderência à tração e a forma de ruptura

Com o intuito avaliar os dados obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração, foi realizada uma análise do percentual de incidência dos valores obtidos no ensaio e quanto a forma de ruptura. Os dados compilados para essa análise encontram-se na Tabela 55.

Tabela 55 - Porcentagem de incidência dos valores do ensaio de aderência quanto à resistência e forma de ruptura

Argamassa	% de incidência dos valores						
	Quanto à resistência de aderência à tração (MPa)				Quanto a forma de ruptura		
	Abaixo de 0,3	Entre 0,3 e 0,99	Entre 1 e 1,99	Acima de 2	Sub.	Subs./arg	Arg.
A 1:3 cura C	0	0	54,55	45,45	0	59,09	40,91
A 1:3 cura CA	0	18,18	54,55	27,27	0	86,36	13,64
A 1:6 cura C	0	75,00	25,00	0,00	0	33,33	66,67
A 1:6 cura CA	0	91,67	8,33	0,00	0	8,33	91,67
A F1 cura C	0	27,27	54,55	18,18	0	72,73	27,27
A F1 cura CA	0	0	0	100,00	0	27,27	72,73
A F2 cura C	0	0	0	100,00	0	0	100,00
A F2 cura CA	0	0	18,18	81,82	0	0	100,00
A F3 cura C	11,11	22,22	33,33	33,33	0	88,89	11,11
A F3 cura CA	0	0	30,00	70,00	0	80,00	20,00

C = cura controlada; CA = cura aquecida

Para as argamassas do tipo farofa, observa-se que, apesar da cura com ciclos de aquecimento não ter sido significativa nos valores de resistência de aderência à tração, a incidência de valores iguais ou maiores que 1MPa diminuiram, aumentando a incidência de valores entre 0,3 MPa e 0,99 MPa, quando comparada com a cura controlada, ou seja, ambos os sistemas apresentaram uma pequena perda de resistência para este ensaio (que se mostrou não ser significativa estatisticamente). Essa perda de resistência de aderência, por sua vez, pode ter ocorrido devido à tensões de retração durante o processo de cura, que afetaram a aderência do sistema em alguns pontos localizados.

Observa-se também que o local de incidência de ruptura demonstrou o ponto mais fraco para cada sistema argamassa x concreto. A argamassa 1:3 (de maior resistência) apresentou maior incidência de ruptura, para ambos os casos, na interface substrato/argamassa, enquanto que a argamassa 1:6 (de menor resistência) a ruptura,

também para ambos os casos, se deu na argamassa, ou seja, para este último caso, a argamassa se mostrou muito fraca.

Para as argamassas autonivelantes, com exceção da argamassa F2, observa-se que o aquecimento, como demonstrado anteriormente na análise estatística causou um aumento da resistência de aderência do sistema. A incidência de valores passou de uma forma geral, de 0,3 e 0,99 MPa, com cura controlada, para uma incidência maior de valores acima de 2 MPa, com cura aquecida, ou seja, para ambos os sistemas houve um ganho de resistência para este ensaio. As tensões localizadas de retração que podem ter acontecido para estas argamassas foram imperceptíveis perto do ganho de resistência do material, que manteve a ligação do sistema. Partindo da hipótese de que as argamassas autonivelantes possuem polímeros em sua composição, esta ligação pode ter se mantido devido a formação do filme polimérico na matriz da argamassa, observada anteriormente por Do e Soh (2003).

Os sistemas que fizeram uso da argamassa F1 e F3 apresentaram maior incidência de ruptura na interface substrato/argamassa, quando na cura controlada e aumento da incidência de ruptura na argamassa, quando na cura com ciclos de aquecimento, evidenciando assim a possível ocorrência do filme polimérico citado. A pequena queda na incidência de valores acima de 2 MPa, observada pela argamassa F2, se mostrou não ser estatisticamente significativa e a incidência de ruptura se manteve estável para tal situação, rompendo na argamassa.

Analisando as prescrições e parâmetros estipulados para pisos autonivelantes pela EFNARC (2001), cujos valores mínimos para o ensaio de aderência ao arrancamento com substratos de concreto, devem ser maiores do que 1 MPa, observa-se que todas as argamassas autonivelantes analisadas neste trabalho, independente do tipo de cura estariam em conformidade com a mesma.

Para as argamassas do tipo "farofa" não foram encontradas prescrições de valores para o uso em contrapiso. A norma brasileira NBR 13749 (ABNT, 2013), que preconiza valores de resistência de aderência à tração para revestimentos externos e internos (maior que 0,3 MPa e 0,2 MPa, respectivamente) para paredes e tetos, não se aplica de forma direta para as argamassas de contrapiso, uma vez que as mesmas sofrem solicitações de cargas distintas das argamassas de revestimentos.

De uma forma geral, pode ser observado que para este ensaio as argamassas autonivelantes analisadas nesta pesquisa apresentaram um desempenho similar (para o

caso de cura controlada) ou melhor (para o caso de cura com ciclos de aquecimento) que as argamassas do tipo "farofa".

4.2.2.5 Dureza superficial

O ensaio de dureza superficial das argamassas foi realizado conforme NB5 7584 (ABNT,2012) em todas as placas confeccionadas para o ensaio de resistência de aderência à tração, com cura controlada e aquecida. Os resultados das médias, desvios e coeficiente de variação são demonstrados na Tabela 56 que segue, e os gráficos plotados na Tabela 56. Os demais valores obtidos, se encontram no apêndice C.

Tabela 56 - Dureza superficial média das argamassas analisadas

ARGAMASSA	CURA CONTROLADA			CURA COM CICLOS DE AQUECIMENTO		
	Índice esclerométrico	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)	Índice esclerométrico	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
1:3	42,12	2,27	5,38	39,89	3,91	9,81
1:6	27,42	1,67	6,08	31,28	0,95	3,05
F1	24,37	1,63	6,69	29,29	2,17	7,41
F2	25,50	1,43	5,61	29,68	1,38	4,66
F3	21,66	2,79	12,89	26,17	1,42	5,41

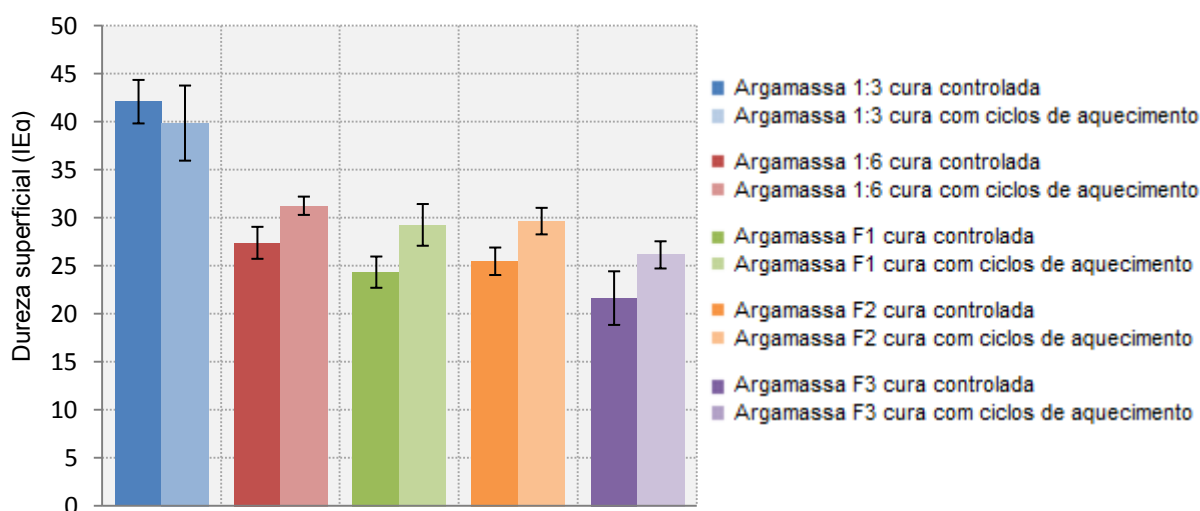


Figura 74 - Dureza superficial média das argamassas analisadas com cura controlada e com ciclos de aquecimento

A análise de variância realizada para os resultados do ensaio demonstrou que as argamassas apresentaram influência significativa nos valores médios de dureza superficial obtidos (Tabela 57).

Tabela 57 - Análise de variância da dureza superficial das argamassas analisadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significância
ARGAMASSA	8334,5	4	2083,6	423,21	0,000000	S
TIPO DE CURA	349,5	1	349,5	70,99	0,000000	S
ARGAMASSA*TIPO DE CURA	416,8	4	104,2	21,16	0,000000	S
ERRO	1285,0	261	4,9			

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; Fcalc = valor calculado de F
 S = valor significativo; NS = valor não significativo
 Se $p < 5\%$ = Efeito significativo

Os resultados demonstram que o tipo de argamassa, tipo de cura e a interação destes dois fatores apresentaram influência nos valores médios de dureza superficial encontrados. Nas Figura 75 (a) e (b) é possível observar o efeito isolado dos fatores "tipo de argamassa" e "tipo de cura", respectivamente, nestes resultados.

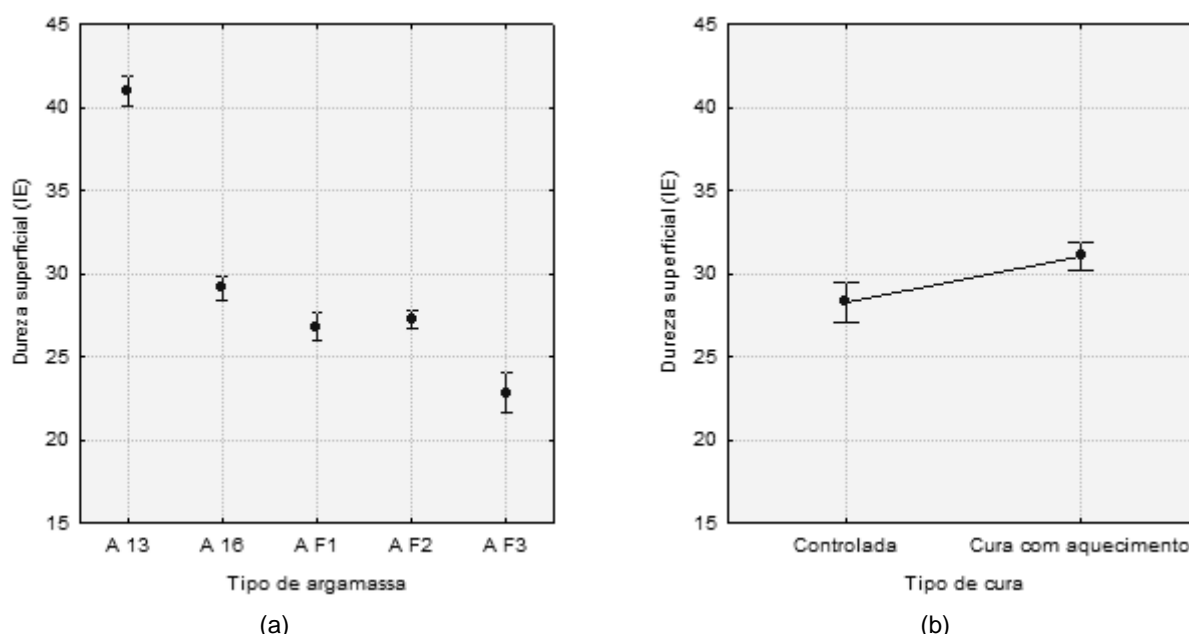


Figura 75 - (a) Efeito isolado do tipo de argamassa utilizada na dureza superficial; (b) Efeito isolado do tipo de cura na dureza superficial da argamassa

Observa-se na Figura 75 (a) que todos os tipos de argamassa, com exceção das argamassas F1 e F2, apresentaram diferença significativa nos resultados. As argamassas autonivelantes apresentaram de uma forma geral, resistências de dureza superficial inferiores às argamassas do tipo "farofa" de traço 1:3 e 1:6, sendo a primeira a que apresentou resultados de dureza superficial superior a todas as outras argamassas analisadas.

Na Figura 75 (b) observa-se que o fator tipo de cura apresentou influência nos resultados de dureza superficial das argamassas, apresentando uma elevação de cerca de 8% ao realizar

a cura com ciclos de aquecimento. Na Figura 76 (a) e (b), são demonstrados os efeitos da interação entre os fatores "tipo de argamassa" e "tipo de cura", nos resultados encontrados.

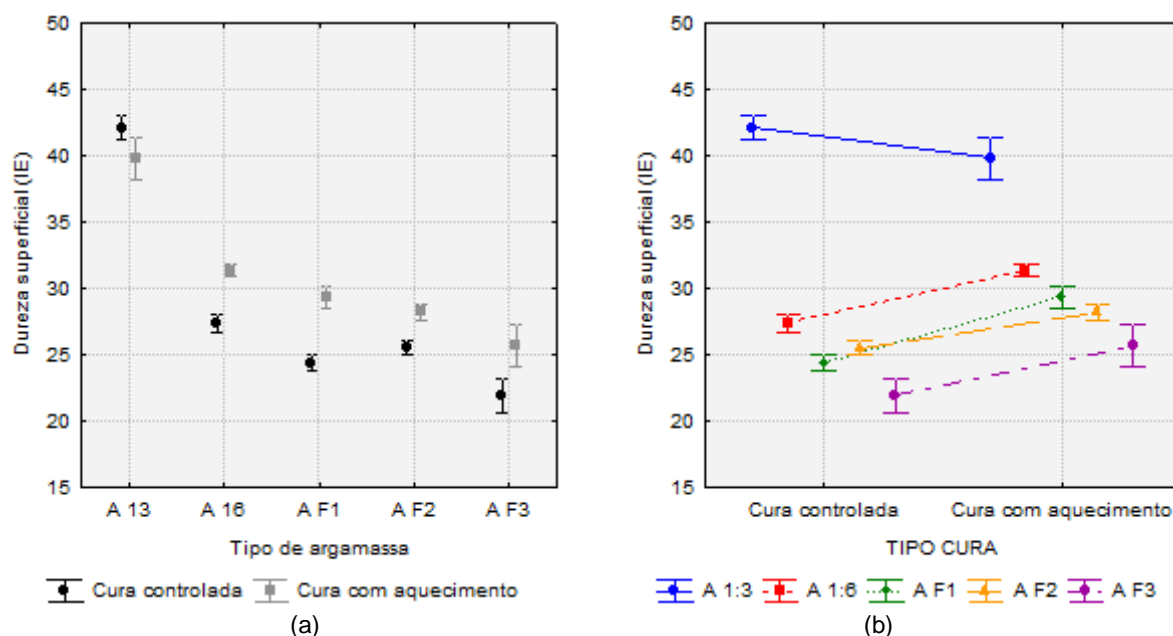


Figura 76 - Efeito da interação entre o tipo de argamassa e o tipo de cura sobre a dureza superficial do contrapiso. (a) Dureza superficial (IE) x tipo de argamassa; (b) Dureza superficial (IE) x tipo de cura.

A análise múltipla de médias, pelo método de Fischer, verificou quais fatores e interações apresentaram diferença estatística significativa entre si (Tabela 58).

Tabela 58 - Teste de Fischer para a da dureza superficial das argamassas analisadas

ARGAMASSA	TIPO DE CURA	1:3	1:3	1:6	1:6	F1	F1	F2	F2	F3	F3
		C	CA	C	CA	C	CA	C	CA	C	CA
1:3	C		S	S	S	S	S	S	S	S	S
1:3	CA	S		S	S	S	S	S	S	S	S
1:6	C	S	S		S	S	S	S	NS	S	NS
1:6	CA	S	S	S		S	S	S	S	S	S
F1	C	S	S	S	S		S	S	S	S	NS
F1	CA	S	S	S	S	S		S	S	S	S
F2	C	S	S	S	S	S	S		S	S	NS
F2	CA	S	S	NS	S	S	S	S		S	S
F3	C	S	S	S	S	S	S	S	S		S
F3	CA	S	S	NS	S	NS	S	NS	S	S	

C= cura controlada; CA = cura aquecida; S = valor significativo; NS = valor não significativo

Os resultados apontaram que nem todas as interações entre os dois fatores analisados foram significativas: a argamassa F3 com cura aquecida apresentou o mesmo efeito que a argamassa 1:6, F1 e F2 com cura controlada e ainda, F2 com cura aquecida. Para todos os casos, com exceção da argamassa 1:3, que apresentou perda de resistência, as argamassas apresentaram ganho na resistência superficial significativo com a cura aquecida.

Apesar de tal tendência de comportamento, a argamassa 1:3 continuou sendo a argamassa que apresentou os maiores resultados de dureza superficial dentre todas as argamassas analisadas, para ambos os tipos de cura. Todas as argamassas autonivelantes testadas nesta pesquisa, por conseguinte, apresentaram índice esclerométrico inferior as argamassas dosadas, também para ambos os casos.

Os resultados obtidos vão ao encontro dos valores alcançados no ensaio de módulo de elasticidade das argamassas, apresentando comportamento diretamente proporcional a estes. As argamassas do tipo "farofa", cujos módulos de elasticidade foram maiores, ou seja, apresentaram menor capacidade de absorver deformações, se mostrando mais "rígidas", exibiram os maiores valores de dureza superficial por esclerometria. Em conformidade, a argamassa 1:3 apresentou maior dureza superficial que a argamassa 1:6.

As argamassas autonivelantes, por sua vez, apresentaram menores valores de módulo de elasticidade e conseqüentemente, maior capacidade de absorver deformações, se mostrando menos "rígidas" que as argamassas anteriores, expondo assim, menores valores de dureza superficial por esclerometria. A argamassa F1 se mostrou com maior dureza superficial que a argamassa F2, seguida da argamassa F3. Acredita-se que as argamassas autonivelantes possam ter absorvido os impactos causado pelo esclerômetro, durante a realização do ensaio, em decorrência de sua composição, que possivelmente incorpora polímeros.

O ganho de resistência superficial observado neste ensaio, para as argamassas F1, F2 e F3 vão também de acordo com os resultados alcançados (nas placas) no ensaio de resistência de aderência à tração, onde as argamassas que ficaram expostas à cura com ciclos de aquecimento, conforme já mencionado, tiveram um aumento de resistência do material. Entretanto não se pode afirmar o mesmo para a argamassa 1:3, cuja resistência de dureza superficial reduziu com a cura aquecida.

De acordo com Debs (2000), sabe-se que o aumento da temperatura acelera as velocidades das reações química entre o cimento e a água da mistura. Por outro lado, pode ocorrer a perda de água necessária para a hidratação do cimento, devido à elevados gradientes térmicos e/ou evaporação da água, provocando micro fissurações e conseqüentemente perda de resistência mecânica do material.

Assim, é possível que as argamassas farofas tenham sofrido uma perda de água durante o processo de cura com ciclos de aquecimento, que foi mais sensível na argamassa 1:3 do que na argamassa 1:6, devido às diferentes relações a/c das misturas (0,55 e 0,99

respectivamente). Apesar de perder água durante o processo, a argamassa de traço 1:6 manteve a quantidade necessária para promover a hidratação do cimento de sua mistura, não apresentando o mesmo comportamento de perda de resistência, observada pela argamassa 1:3.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve com objetivo analisar, a partir de avaliações laboratoriais, o desempenho físico-mecânico de argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso e seu comportamento em relação aos métodos e materiais de execução de contrapiso com argamassa dosada em obra.

Os resultados obtidos e as conclusões apresentadas, apesar de estarem em consonância com a maior parte da bibliografia existente, não devem ser tomados como forma absoluta, uma vez que dizem respeito única e exclusivamente às argamassas utilizadas e confeccionadas neste trabalho, com os materiais e métodos mencionados. A representatividade do comportamento dos materiais aqui estudados deve ser firmada com a realização de novas pesquisas, com o intuito de confirmar e/ou complementar os dados obtidos.

Ressalta-se também as dificuldades em obter uma avaliação conclusiva e precisa nas argamassas autonivelantes analisadas, para o conjunto de ensaios propostos, uma vez que não se teve acesso às informações quanto à composição desses materiais. Sabe-se que os aditivos e adições presentes nessas argamassas alteram as características reológicas do material e interferem diretamente nas propriedades avaliadas, tanto no estado fresco como no estado endurecido. A seguir serão apresentadas as principais conclusões obtidas a partir do desenvolvimento do programa experimental escolhido nesta pesquisa.

5.1 CONCLUSÕES

Observou-se com esse trabalho, que atualmente nos canteiros de obra da cidade de Porto Alegre, os traços (em volume de areia úmida) de 1:3 e 1:4 são os mais utilizados para a execução da camada de contrapiso, sendo que o traço de 1:6 recomendado pela norma NBR 13753 (ABNT, 1996) não é utilizado.

A Tabela 59 apresenta um resumo dos resultados finais alcançados pelas argamassas avaliadas, a partir do programa experimental proposto.

Tabela 59 - Tabela geral dos resultados obtidos em todos os ensaios realizados nesta pesquisa

PROPRIEDADES	ARGAMASSA					
	1:3	1:6	F1	F2	F3	
	ESTADO FRESCO					
Relação a/materiais secos	0,137	0,142	0,210	0,210	0,225	
Relação a/cimento	0,55	0,99	-	-	-	
Tempo de fluxo	-	-	17,44	2,85	13,62	
Consistência	-	-	18,03	36,31	29,83	
Tempo de pega	Início	4h 45min	6h 6 min	6h 30min	5h 6min	43min
	fim	11h	12h	11h 29min	5h 57min	1h 12min
Exsudação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Densidade de massa (kg/m ³)	1727,97	1770,19	1910,62	2030,80	1980,72	
Teor de ar aprisionado (%)	25,17	23,04	2,10	2,06	2,04	
ESTADO ENDURECIDO						
Resistência à compressão simples (MPa) - 28 dias (Cura controlada)	26,99	6,77	17,72	14,36	10,04	
Resistência à compressão simples (MPa) - 28 dias (Cura aquecida)	26,91	7,47	25,54	16,08	14,37	
Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	3,28	0,98	2,1	1,51	1,25	
Densidade de massa - estado endurecido (kg/m ³)	2198,24	1949,79	1707,81	1788,27	1887,00	
Módulo de elasticidade dinâmico (GPa)	36,16	17,75	10,51	13,31	8,45	
Absorção de água por capilaridade (kg/m ³)	1,92	3,92	5,05	2,52	1,17	
Resistência de aderência à tração (MPa) (cura controlada)	1,88	0,82	1,34	2,81	1,39	
Resistência de aderência à tração (MPa) (cura aquecida)	1,71	0,68	2,80	2,61	2,32	
Dureza superficial (IEq) (Cura controlada)	42,12	27,42	24,37	25,50	21,66	
Dureza superficial (IEq) (Cura aquecida)	39,89	31,28	29,29	29,68	26,17	

Observa-se que dentre todas as argamassas analisadas, ao contrário do esperado, a argamassa "farofa" de **traço 1:3** apresentou de uma forma geral, no conjunto de ensaios realizados nesta pesquisa, resultados superiores para aplicação e uso em contrapiso, diferindo significativamente em grande número de resultados das demais argamassas avaliadas. A argamassa 1:3 apresentou tais resultados para os ensaios de resistência à compressão, tração e dureza superficial. Desta forma, essa argamassa "farofa" se mostrou superior, em termos de propriedades mecânicas, que as demais argamassas analisadas. Ressalta-se assim que o que vem sendo produzida em obra, em relação à camada de contrapiso, se mostra muito mais eficiente em comparação com o que é recomendado por

norma. Contudo não se sabe quais seriam os valores adequadas e esperados para essas argamassas, tão pouco se os valores aqui apresentados por essa argamassa, não estariam ultrapassando os limites mínimos necessários para tal aplicação.

A argamassa "farofa" de **traço 1:6**, por sua vez, recomendada pela norma brasileira NBR 13753 (ABNT, 1996) para utilização em contrapiso, foi a argamassa que apresentou os resultados mais baixos no conjunto de ensaios avaliados, para aplicação e uso em contrapiso. A argamassa 1:6 apresentou os menores valores para o conjunto dos ensaios de resistência à compressão, tração e aderência. Ressalta-se assim a necessidade de uma atualização das normativas brasileiras quanto à essa argamassa e a necessidade de novas especificações para a camada de contrapiso.

As **argamassas autonivelantes** localizaram-se, de uma forma geral, em uma faixa intermediária de valores, em comparação com os dois traços de argamassas "farofas" analisadas, apresentando normalmente valores superiores a estas somente no ensaio resistência de aderência à tração. Cabe, portanto, ao responsável técnico da obra, decidir qual a melhor opção de argamassa para uso em contrapiso, em função de sua utilização, desempenho nas propriedades analisadas e as necessidades da edificação a que se destinar seu uso, bem como em função do custo apresentada por essas diferentes argamassas.

Assim, com base nos ensaios realizados nesta pesquisa, avalia-se que, de um modo geral, as argamassas autonivelantes testadas forneceram características mecânicas aceitáveis para a aplicação em contrapisos no estado endurecido. Todas as argamassas testadas apresentaram valores superiores aos da argamassa "farofa" de traço 1:6 recomendada por norma, para o mesmo fim. Entretanto, nem todos os produtos apresentaram características físicas tecnicamente satisfatórias para sua aplicação e uso em larga escala na construção civil (F1 e F3). As argamassas autonivelantes testadas apresentaram problemas no que diz respeito a suas características no estado fresco e requerem mais estudos (já que suas propriedades reológicas influenciarão diretamente em seu comportamento no estado endurecido) apresentando em alguns casos pouca capacidade de fluxo e trabalhabilidade, o que dificultaria o bombeamento e uso do produto em obra.

Além disso, frente aos testes executados nesta pesquisa, ressalta-se a necessidade de melhorias em alguns parâmetros e propriedades das argamassas autonivelantes: observou-se que a argamassa F3 apresentou problemas de resistência de aderência à tração, com deslocamento do material, antes mesmo da realização do ensaio e a argamassa F1 apresentou uma alta taxa de absorção. A argamassa F1 e F3 apresentaram, ainda, pouco

tempo em aberto e a argamassa F1 baixa capacidade de fluxo, o que dificultaria ou praticamente inviabilizaria sua utilização na prática. Em contrapartida, nenhuma das argamassas autonivelantes testadas apresentaram exsudação do material, apresentando uma composição e características reológicas adequadas para produtos autonivelantes, frente essa propriedade.

Apesar dos problemas relatados, as argamassas autonivelantes testadas nesta pesquisa se mostraram, de uma forma geral, tão eficientes (no estado endurecido) quanto aos convencionais métodos de execução de contrapiso, com argamassa dosada em obra. O método de aplicação x economia oferecida no canteiro de obra pela adoção das argamassas autonivelantes faz com que as mesmas se apresentem muito atrativas hoje no mercado da construção civil brasileira. Entretanto mais estudos sobre essas argamassas se fazem necessários, uma vez que suas propriedades ainda são desconhecidas (e precisam de melhorias) além de existirem normativas brasileiras sobre elas e sua aplicação nos canteiros de obras ainda é limitada.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como questões a serem abordadas em trabalhos futuros, sugere-se:

- observar o comportamento em obra das argamassas analisadas, frente aos ensaios realizados nesta pesquisa e estabelecer parâmetros e requisitos de desempenho para o uso em contrapiso;
- realizar outras análises comparativas em relação a outros traços de argamassas dosadas, outros fabricantes de argamassas autonivelantes, ou ainda, com outros tipos de argamassas industrializadas para contrapiso;
- verificar qual a resistência superficial das argamassas analisadas e qual o tipo de argamassa colante seria o mais indicado para a utilização sob os contrapisos autonivelantes;
- realizar uma análise técnica x econômica entre as argamassas autonivelantes e as argamassas dosadas em obra;

- avaliar o efeito de diferentes tipos de cura, sobre as propriedades de resistência mecânica, das diferentes argamassas testadas, e ainda a influência da temperatura sobre suas propriedades, com outras metodologias e ciclos de aquecimento;
- Avaliar o processo de retração/expansão das argamassas autonivelantes com o passar do tempo, frente a outras argamassas indicadas para uso em contrapiso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de revestimentos de argamassa**. 1. ed. São Paulo, SP, 2002.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.2003.

____. **NBR 5739**. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova.2007.

____. **NBR 6467**. Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio. 2006.

____. **NBR 7211**. Agregados para concreto - Especificação. 2009.

____. **NBR 7584**. Concretos endurecidos - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio. 2013.

____. **NBR 9779**. Argamassa e concreto endurecidos -Determinação da absorção de água por capilaridade.2013

____. **NBR 11768**. Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. 2011.

____. **NBR 12041**. Argamassa de alta resistência mecânica para pisos — Determinação da resistência à compressão simples e tração por compressão diametral. 2012.

____. **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento. 2006.

____. **NBR 13276**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. 2005

____. **NBR 13278**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. 2005.

____. **NBR 13280**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. 2005.

____. **NBR 13528**. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. 2010.

- _____. **NBR 13749**. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. 2013.
- _____. **NBR 13753**. Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - procedimento. 1996.
- _____. **NBR 15259**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. 2005.
- _____. **NBR 15261**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear). 2005.
- _____. **NBR 15558**. Concreto - Determinação da exsudação. 2008.
- _____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. 2013.
- _____. **NBR 15575-3**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. 2013.
- _____. **NBR 15630**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. 2009.
- _____. **NBR NM 23**. Cimento portland - Determinação e massa específica. 2000.
- _____. **NBR NM 30**. Agregados miúdos - Determinação da absorção de água. 2000.
- _____. **NBR NM 45**. Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. 1996.
- _____. **NBR NM 52**. Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. 2009.
- _____. **NBR NM 53**. Agregado graúdo - Determinação de massa específica e massa aparente e absorção de água. 2009.
- _____. **NBR NM 67**. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. 1998.
- _____. **NBR NM 248**. Agregados - Determinação da composição granulométrica. 2003.
- AENOR - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **UNE-EN 13813**. Pastas autonivelantes y pastas autonivelantes para suelos. Características y especificaciones. 2003.
- AFAM - ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES DE MORTERO. **Guía Morteros especiales**. 1ª Edición: Madrid, marzo de 2005.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1708/C1708M-12**. Standard Test Methods for Self-leveling Mortars Containing Hydraulic Cements. 2012.

ALVARENGA, R. C. S. S. *et al.* **Avaliação de ensaios em argamassas para uso em pisos e revestimentos – análise comparativa entre as normas**. Construindo, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, Jan/Jun. 2013.

ANDERBERG, A. **Studies of moisture and alkalinity in self-levelling flooring compounds**. Doctoral Thesis. Division of building materials, Lund Institute of Technology. Lund, 2007.

ANTUNES, R. P. N. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. Tese de Doutorado. Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2005.

BALLISTA, L. P. Z. **Avaliação de algumas propriedades de concretos estruturais com agregados graúdos reciclados modificados com látex estireno-butadieno**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. 2003

BARLUENGA, G.; OLIVARES, F. H. **Self-levelling cement mortar containing grounded slate from quarrying waste**. Construction and Building Materials. 1601–1607 pg. Ed. 24. 2010.

BARROS, M. M. S. B. **Contrapiso: características técnicas e exigências**. X SBTA - Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa. Fortaleza, 2013.

BARROS, M. M. S. B., SABBATINI, F. H. **Tecnologia de Produção de Contrapisos para Edifícios Habitacionais e Comerciais**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/44. São Paulo: EPUSP, 1991.

BASTOS, P. K. X., NAKAKURA, E. H. CINCOTTO, M. A. **Ensaio de Retração de Argamassas nos Estados Fresco e Endurecido – Contribuição para a normalização brasileira**. 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção. Lisboa, 2005.

BAUER, E.; SOUSA, J. G. G., **Materiais constituintes e suas funções**. *in*: Elton Bauer (org.), Revestimentos de Argamassa: Características e Peculiaridades. Brasília: LEM-UnB; Sinduscon, p. 23-29, 2005.

BENABED, B. *et al.* **Properties of self-compacting mortar made with various types of sand**. Cement and Concrete Research. Ed. 34. pg. 1167–1173. 2012.

BRANCO, A. C., BRITO, M. **Contrapiso Autonivelante**. 2º caderno de casos de inovação na construção civil. 2014.

CARDOSO, F. A. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico**. Tese Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2009.

CASTRO, A. L. **Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho.** Tese Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2007.

CHRISTIANO, H. A. **Effect of chemical and mineral admixtures on the fresh properties of self compacting mortars.** Master of science in civil engineering. Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University. AUGUST, 2004.

CICHINELLI, G. **Contrapiso autonivelante.** Revista Equipe de Obra. Edição 58. Abril, 2013.

COSTA, E. B. **Aproveitamento do resíduo de anodização do alumínio na produção do cimento sulfoaluminato de cálcio belítico.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

COUTO, M. **Procedimento de Execução de Serviço - Execução de Contrapiso.** CICON Construtora. 2011.

DEBS, M. K. E. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações.** 1ª Edição Projeto Reenge. Escola de engenharia de São Carlos/SP – USP, 2000.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

DO, J. E; SOH, Y. **Performance of polymer-modified self-leveling mortars with high polymer–cement ratio for floor finishing.** Cement and Concrete Research. Ed. 33. pg. 1497–1505. 2003.

EGLE, T. **Contrapiso autonivelante.** Revista Técnica. Edição 164. Novembro, 2010.

EFNARC - EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS. **Specification & guidelines for polymer-modified cementitious flooring as wearing surfaces for industrial and commercial use.** United Kingdom, 2001.

_____. **Specification and guidelines for self-compacting concrete.** United Kingdom, 2002.

FELEKOĞLU, B. *et al.*. **The effect of fly ash and limestone fillers on the viscosity and compressive strength of self-compacting repair mortars.** Cement and Concrete Research. V. 36. pag. 1719–1726, 2006.

FERFA - The resin flooring Association. **European standards for In situ Flooring products.** England, 2005.

FIorentin, T. R. **Influência do aditivo modificador de viscosidade e do fíler calcário no comportamento de patas e argamassas de concreto auto-adensável.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

FREITAS, J. C. **Uso de aditivo redutor de retração no combate à retração em argamassas auto-adensáveis de alta resistência.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

FREITAS, E. R. F. *et al.* **Estudo das adições e aditivos minerais nas propriedades de argamassas auto-nivelantes.** Anais do V Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica (CONNEPI). Natal, 2010.

FRICKMANN, A. **PES - Procedimento de Execução de Serviço - Execução de contrapiso e piso cimentado.** Brookfield Incorporações. 2006.

GARCIA, J.; BRITO, J. **Pavimentos Autonivelantes - Excesso de água na amassadura.** Grupo de Estudos da Patologia da Construção - PATORREB. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. s.d.

GASPARO, A. *et al.* **Quantitative distribution patterns of additives in self-leveling flooring compounds (underlayments) as function of application, formulation and climatic conditions.** Cement and Concrete Research. V. 39, p.313–323, 2009.

GOMES, A. O.; GONÇALVES, J. P. **Inovações tecnológicas em canteiros de obras.** X SBTA - Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa. Fortaleza, 2013.

GUGELMIN, L. A. M. **Contrapiso Autonivelante.** X SBTA - Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa. Fortaleza, 2013.

GUIMARÃES, M. B. **Polímeros dispersíveis para argamassas autonivelantes.** X SBTA - Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa. Fortaleza, 2013.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle de concreto.** São paulo: PINI, 349p, 1992.

HOUANG, P. **Estágio de Desenvolvimento de Contra Pisos Autonivelantes.** X SBTA - Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa. Fortaleza, 2013.

JAWAHAR, J. G. *et al.* **Optimization of superplasticiser and viscosity modifying agent in self compacting mortar.** Asian Journal of Civil Engineering. Vol. 14, nº 1, 2013.

JÚNIOR, A. N. C. **Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica de Minas. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2005.

KATSIADRAMIS, N. J., SOTIROPOULOU, A. B., PANDERMARAKIS Z. G. **Rheological and Mechanical Response Modifications for a Self-Leveling Mortar.** EPJ Web of Conferences, Vol. 6, 2010.

KHAYAT, K.; GHEZAL, A. **Effect of viscosity-modifying admixture-superplasticizer combination on flow properties of SCC equivalent mortar.** In: 3rd International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete. Islândia, p.369-385, 2003.

- LATORRE, P.E.V. **Estudo de argamassas para reparos de estruturas de concreto sujeitas à abrasão, em locais com umidade elevada.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 2002.
- LESSA, F.; COUTINHO, M. **Weber Saint-Gobain.** X SBTA - Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa. Fortaleza, 2013.
- LORENZET, K. F.; GOMES, M. R. **Incorporação de Resíduos de Construção e Demolição em Argamassas Para Emprego em Contrapisos Autonivelantes.** Jornada Unisul de Iniciação Científica (JUNIC). Santa Catarina, 2012.
- MARTINS, A. J. G. **Estudo da durabilidade dos revestimentos de piso.** Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2012.
- MARTINS, E. J. **Procedimento para dosagem de pastas para argamassa autonivelante.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.
- METHA, P. K. MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Ed. Ibracon, 2008.
- MOHSENI, E. *et al.* **Single and combined effects of nano-SiO₂, nano-Al₂O₃ and nano-TiO₂ on the mechanical, rheological and durability properties of self-compacting mortar containing fly ash.** Construction and Building Materials. Ed. 84. pg. 331–340. 2015.
- MOURA, C. B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.
- NAKAKURA, E. H.; BUCHER, H. R. E. **Pisos Auto-nivelantes. Propriedades e Instalações.** II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Salvador, 1997.
- NAVARRO, J. P.; SÁNCHEZ, G. M.; GOMARIZ, F. de L. R. **New challenges for ceramic flooring with respect to the use of anti-impact sheets (tbc db hr) and the current use of deck screeds with self-levelling mortars.** XIII Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico. Spain, 2014.
- NETO J. B. **Viabilidade da implementação da norma de desempenho NBR15575.** 9º Encontro regional AsBEA. São Paulo. 2010.
- NEUBAUER, P. M. **Estudo comparativo entre diversas composições com pisos flutuantes de madeira natural - assoalho e tacos - quanto ao isolamento ao ruído de impacto.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.
- OLIVEIRA, I.R. *et al.* **Dispersão e Empacotamento de Partículas - Princípios e Aplicações em Processamento Cerâmico.** Editora Fazendo Arte, São Paulo, 2000.

- OLIVEIRA, C.A.S. **Comportamento físico e avaliação microestrutural de argamassas produzidas a partir da mistura exaurida gerada na indústria de magnésio metálico.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2004.
- PEÑA, M. R. G. **Estudo da fissuração associada à retração em argamassas para reparo em estruturas de concreto.** Dissertação de Mestrado. Escola politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.
- POLESELLO, E. **Avaliação da resistência à compressão e da absorção de água de concretos utilizados após o tempo máximo de mistura e transporte especificado pela NBR 7212.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.
- POLITO, G. **Avaliação da introdução de cal hidratada nas argamassas aplicadas sobre blocos cerâmicos e sua influência no desempenho e morfologia.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008
- REIS, M. M. **PES - Procedimento de Execução de Serviço - Execução de contrapiso.** Life Construtora. 2013.
- RIBEIRO, M.S. **Argamassas cimentícias modificadas com polímeros como material de reparação.** Jornadas de Investigação e Inovação - LNEC. Lisboa, 2002.
- RIBEIRO, S.; RODRIGUES, J. A. **Influência da forma e do processo de obtenção do entalhe na carga máxima e na energia de fratura de argamassas utilizando o método da cunha para propagação estável de trinca.** Cerâmica vol.55 nº334. São Paulo. 2009
- RUDUIT, F.R. **Contribuição ao estudo da aderência de revestimento de argamassa e chapiscos em substrato de concreto.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2009.
- SAHMARAN, M.; CHRISTIANTO, H. A.; YAMAN, I. O. **The effect of chemical admixtures and mineral additives on the properties of self-compacting mortars.** Cement & Concrete Composites. 432–440pg. Ed. 28. 2006.
- SANTOR, M. S. **Influência de materiais de proteção superficial na resistividade elétrica e absorção capilar do concreto.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS. 2011.
- SANTOS, W. J., **Argamassa de alto desempenho.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2011.
- SCHAEFER, C. O. **Valorização de fonte alternativa de sulfato de cálcio para a produção de argamassas autonivelantes.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2013.

SCHRAMM, G. **Reologia e reometria: fundamentos teóricos e práticos**. Tradução de Cheila G. Mothé; Denise Z. Correia; Hans M. Petri; Michelle Gonçalves, Tatiana Cerestiatto. São Paulo: Artliber Editora, 234p. 2006.

SENISSE, J. **Influência do consumo de água, do teor de adição de microfibras de polipropileno e do tipo de cimento no fenômeno da retração por secagem em concretos empregados em pisos**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

STOLZ, C. M. **Influência da interação entre os parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato de substratos na aderência de argamassas de revestimento**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

SILVA, N. G., CAMPITELI, V. C. **Correlação entre módulo de elasticidade dinâmico e resistências mecânicas de argamassas de cimento, cal e areia**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 21-35, out./dez. 2008.

SILVA, C. V. **Contribuição ao estudo do desgaste superficial por abrasão em concretos empregados em pisos**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

SILVA, V. D. **A Importância do Processo de Desenvolvimento Tecnológico na Implantação de Novas Tecnologias. Case Contrapiso Autonivelante**. X SBTA - Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa. Fortaleza, 2013.

SILVA, J. M. *et al.* **Caracterização reológica de argamassas dosadas *in loco* sobre substratos porosos**. Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto. Gramado, 2013.

SOUZA, A. L. R.; MELHADO, S.B. **Projeto e execução de lajes racionalizadas de concreto armado**. 1. Ed. São Paulo: O nome da rosa. v. 1. 116 p. 2002.

SOUSA, J. G. G., LARA, P. L. O. **Reologia e trabalhabilidade das argamassas**. In: BAUER E. (org.), Revestimentos de Argamassa: Características E Peculiaridades. Brasília: LEM-UnB; Sinduscon, p. 23-29, 2005.

SOUZA, N. C. **Análise de desempenho do contrapiso autonivelante em relação ao sistema convencional**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em construção civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras**. São Paulo: Pini, 275p. 1996.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. **Resistência Mecânica e Durabilidade de Betões Modificados com Polímeros**. Revista Construção Magazine, 6p. 2009.

TUTIKIAN, B. F. **Método para dosagem de concretos auto-adensáveis**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

UYGUNOGLU, T.; TOPÇU, I. B. **The role of scrap rubber particles on the drying shrinkage and mechanical properties of self-consolidating mortars.** *Construction and Building Materials* Ed. 24. pg1141–1150. 2010.

**ANEXO A - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DAS ARGAMASSAS
AUTONIVELANTES (<0,15mm)**



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

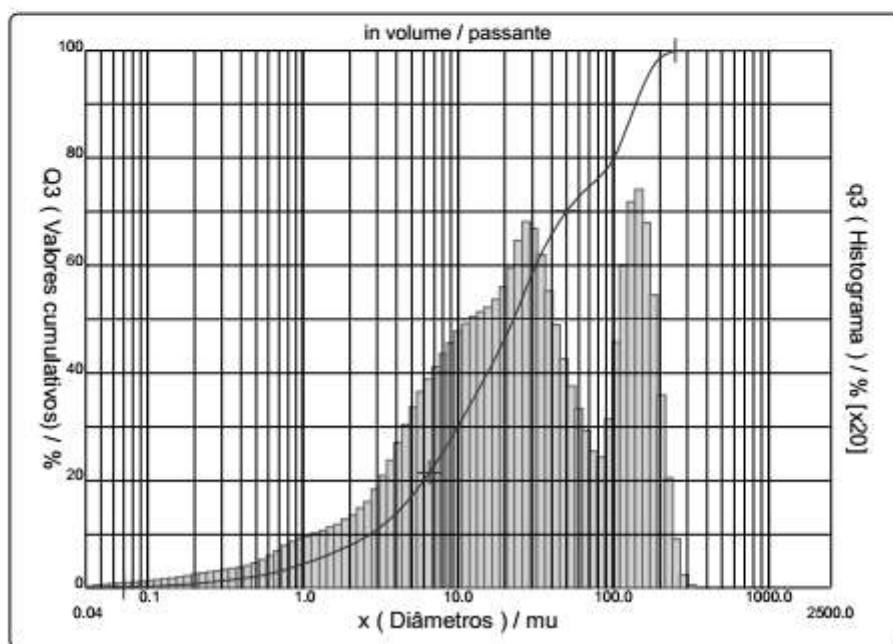
Ref da amostra : F1 amostra : Pó usuário : UFRGS - LACER Comentários : Líquido : Isopropyl alcohol Agente dispersante : Operador : Patricia Empresa : Localização : Data : 03/11/2014 Hora : 15:12:48 Índice med. : 2069	Ultrassom : 60 s Concentração : 110 Diâmetro a 10% : 2.71 mu Diâmetro a 50% : 22.71 mu Diâmetro a 90% : 139.33 mu Diâmetro médio : 47.62 mu Fraunhofer : Densidade/Fator : ----- Superfície específica : ----- Diluição automática : Sim / Não Medida./Limp. : 60/60/4 SOP : UFRGS L
--	---

Valores cumulativos particulares						in volume / passante
x	0.10	1.00	10.00	100.0	1000.0	
Q3	0.29	4.45	30.08	79.88	100.00	

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %

Porcentagem do usuário

%	100.0
Q3	300.00



Núm. de série : 570 Ref : 2.r113.m0.66A1818/5.00/2069m26.12.40.20.1Fh.20.40.20.BhG-0.0.0.0/300.0.15.q60.0.9.10.1.10.P7200.27.80.P29.0/V 3.10E35



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

Ref da amostra : F1 amostra : Pó usuario : UFRGS - LACER Comentários : Líquido : Isopropyl alcohol Agente dispersante : Operador : Patricia Empresa : Localização : Data : 03/11/2014 Hora : 15:12:48 Índice med. : 2069	Ultrassom : 60 s Concentração : 110 Diâmetro a 10% : 2.71 mu Diâmetro a 50% : 22.71 mu Diâmetro a 90% : 139.33 mu Diâmetro médio : 47.62 mu Fraunhofer Densidade/Fator : ----- Superfície específica : ----- Diluição automática : Sim / Não Medida./Limp. : 60/60/4 SOP : UFRGS L
--	---

Valores cumulados característicos in volume / passante

x	0.04	0.07	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
Q3	0.01	0.14	0.29	0.82	1.33	1.78	2.20	2.63	3.08	3.55
q3	0.00	0.02	0.03	0.06	0.10	0.13	0.15	0.19	0.24	0.29
x	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20
Q3	4.01	4.45	4.86	5.25	5.62	5.98	6.66	7.30	7.92	8.51
q3	0.32	0.34	0.35	0.37	0.38	0.40	0.42	0.45	0.48	0.51
x	2.40	2.80	3.00	4.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
Q3	9.10	9.67	10.84	13.88	17.00	20.00	21.42	22.79	24.11	25.39
q3	0.56	0.59	0.67	0.87	1.15	1.35	1.46	1.52	1.57	1.63
x	8.50	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Q3	26.62	27.81	30.08	32.19	34.16	36.00	37.72	39.34	40.87	42.34
q3	1.67	1.71	1.77	1.82	1.86	1.89	1.91	1.93	1.95	1.99
x	18.00	19.00	20.00	22.00	25.00	28.00	32.00	36.00	38.00	40.00
Q3	43.75	45.12	46.46	49.06	52.85	56.34	60.26	63.36	64.65	65.81
q3	2.03	2.08	2.15	2.24	2.44	2.53	2.41	2.17	1.96	1.86
x	45.00	50.00	53.00	56.00	63.00	71.00	75.00	80.00	85.00	90.00
Q3	68.20	70.08	71.02	71.86	73.49	74.91	75.50	76.20	76.95	77.79
q3	1.67	1.47	1.33	1.25	1.14	0.98	0.89	0.89	1.02	1.21
x	95.00	100.0	106.0	112.0	125.0	130.0	140.0	145.0	150.0	160.0
Q3	78.79	79.88	81.31	82.85	86.36	87.68	90.16	91.30	92.36	94.24
q3	1.52	1.75	2.02	2.30	2.63	2.77	2.75	2.67	2.57	2.40
x	170.0	180.0	190.0	200.0	212.0	242.0	250.0	300.0	400.0	500.0
Q3	95.78	97.01	97.91	98.58	99.15	99.83	99.90	100.00	100.00	100.00
q3	2.09	1.77	1.37	1.07	0.80	0.42	0.18	0.05	0.00	0.00
x	600.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	1100.0	1200.0	1300.0	1400.0	1500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	1600.0	1700.0	1800.0	1900.0	2000.0	2100.0	2200.0	2300.0	2400.0	2500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

Ref da amostra : F2 amostra : Pó usuário : UFRGS - LACER Comentários : Líquido : Isopropyl alcohol Agente dispersante : Operador : Patricia Empresa : Localização : Data : 03/11/2014 Hora : 15:32:41 Índice med. : 2071	Ultrassom : 60 s Concentração : 110 Diâmetro a 10% : 2.04 mu Diâmetro a 50% : 27.77 mu Diâmetro a 90% : 121.73 mu Diâmetro médio : 46.85 mu Fraunhofer : Densidade/Fator : ----- Superfície específica : ----- Diluição automática : Sim / Não Medida./Limp. : 60/60/4 SOP : UFRGS L
--	---

Valores cumulativos particulares

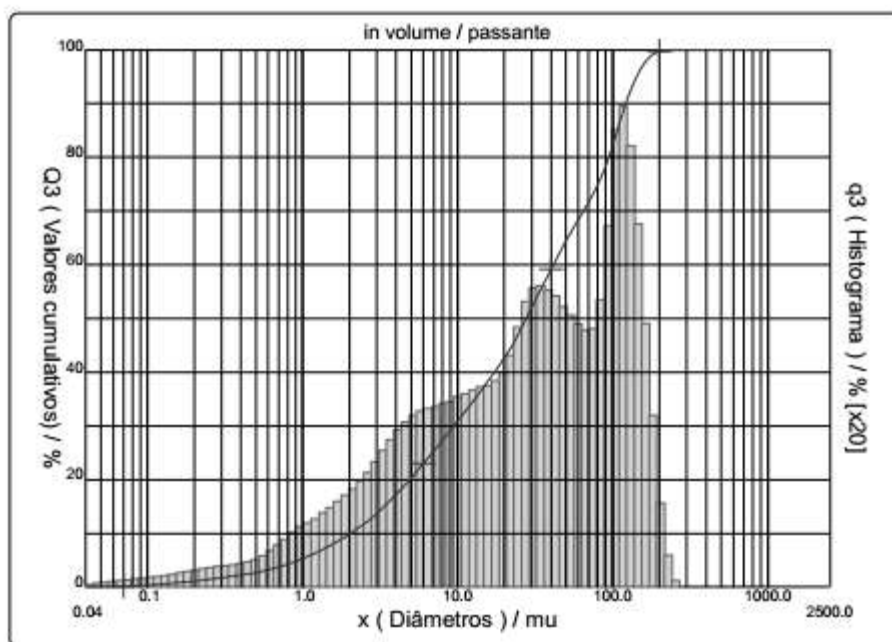
	0.10	1.00	10.00	100.0	1000.0
x	0.41	5.30	30.88	82.27	100.00
Q3					

in volume / passante

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %

Porcentagem do usuário

	100.0
%	
Q3	242.00



Núm. de série : 570 Ref : 2.r113.m0.96A1818/5.00/2071/m26.12.40.20.1Fr.20.40.20.BrVC-.0.0.0/300.0.15.g60.0.9.10.1.10.P7200.27.80.P29.0/V 3.10E35



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

Ref da amostra	: F2	Ultrasom	: 60	s
amostra	: Pó	Concentração	: 110	
usuario	: UFRGS - LACER	Diâmetro a 10%	: 2.04	mu
Comentários	:	Diâmetro a 50%	: 27.77	mu
Líquido	: Isopropyl alcohol	Diâmetro a 90%	: 121.73	mu
Agente dispersante	:	Diâmetro médio	: 46.85	mu
Operador	: Patrícia	Fraunhofer		
Empresa	:	Densidade/Fator	-----	
Localização	:	Superfície específica	-----	
Data : 03/11/2014	Hora : 15:32:41	Diluição automática	: Sim / Não	
Índice med.	: 2071	Medida./Limp.	: 60/60/4	
		SOP : UFRGS L		

	Valores cumulados característicos					in volume / passante				
x	0.04	0.07	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
Q3	0.02	0.20	0.41	1.10	1.72	2.24	2.71	3.19	3.70	4.23
q3	0.01	0.03	0.05	0.08	0.13	0.15	0.17	0.22	0.27	0.33
x	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20
Q3	4.77	5.30	5.81	6.30	6.78	7.25	8.15	9.02	9.85	10.65
q3	0.38	0.42	0.44	0.47	0.50	0.53	0.56	0.61	0.65	0.70
x	2.40	2.60	3.00	4.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
Q3	11.43	12.19	13.68	17.20	20.31	23.00	24.20	25.32	26.37	27.37
q3	0.74	0.79	0.86	1.01	1.16	1.22	1.24	1.25	1.26	1.29
x	8.50	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Q3	28.31	29.20	30.88	32.42	33.85	35.19	36.43	37.59	38.69	39.74
q3	1.29	1.29	1.32	1.34	1.36	1.39	1.39	1.39	1.41	1.44
x	18.00	19.00	20.00	22.00	25.00	28.00	32.00	36.00	38.00	40.00
Q3	40.74	41.72	42.68	44.57	47.43	50.20	53.58	56.54	57.88	59.14
q3	1.45	1.50	1.55	1.64	1.86	2.03	2.10	2.08	2.06	2.04
x	45.00	50.00	53.00	56.00	63.00	71.00	75.00	80.00	85.00	90.00
Q3	61.96	64.39	65.71	66.93	69.48	72.06	73.28	74.84	76.50	78.29
q3	1.99	1.91	1.88	1.84	1.80	1.79	1.85	2.01	2.27	2.60
x	95.00	100.0	106.0	112.0	125.0	130.0	140.0	145.0	150.0	160.0
Q3	80.26	82.27	84.64	86.86	91.00	92.33	94.56	95.46	96.24	97.51
q3	3.02	3.25	3.37	3.34	3.13	2.81	2.50	2.13	1.91	1.63
x	170.0	180.0	190.0	200.0	212.0	242.0	250.0	300.0	400.0	500.0
Q3	98.43	99.08	99.47	99.72	99.89	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	1.26	0.94	0.60	0.40	0.24	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
x	600.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	1100.0	1200.0	1300.0	1400.0	1500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	1600.0	1700.0	1800.0	1900.0	2000.0	2100.0	2200.0	2300.0	2400.0	2500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

Ref da amostra	: F3	Ultrasom	: 60 s
amostra	: Pó	Concentração	: 107
usuario	: UFRGS - LACER	Diâmetro a 10%	: 1.71 mu
Comentários	:	Diâmetro a 50%	: 13.58 mu
Líquido	: Isopropyl alcohol	Diâmetro a 90%	: 41.14 mu
Agente dispersante	:	Diâmetro médio	: 18.01 mu
Operador	: Patrícia	Fraunhofer	
Empresa	:	Densidade/Fator	-----
Localização	:	Superfície específica	-----
Data : 03/11/2014	Hora : 15:49:00	Diluição automática	: Sim / Não
Índice med.	: 2072	Medida/Limp.	: 60/60/4
		SOP : UFRGS L	

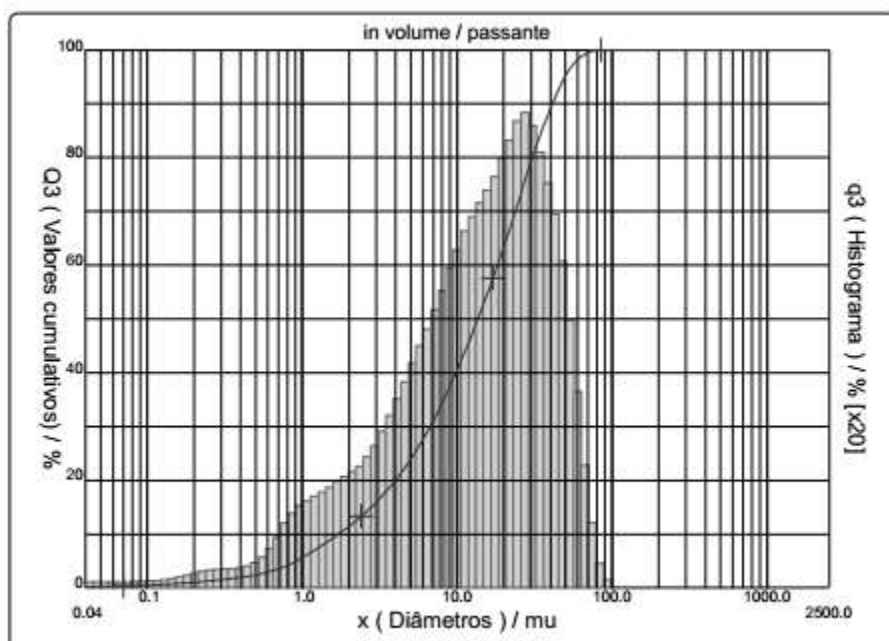
Valores cumulativos particulares					
x	0.10	1.00	10.00	100.0	1000.0
Q3	0.50	5.68	40.52	100.00	100.00

in volume / passante

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %

Porcentagem do usuário

%	100.0
Q3	90.00



Núm. de série : 570 Ref : 2.r113.m0.86A1818/5.00/2072/m26.12.40.20.1Fr.20.40.20.B/Vc-0.0.0.0/300.0.15.g#0.0.9.10.1.10.P7:00.27.80.P29.0/V 3.10635



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

Ref da amostra : F3 amostra : P6 usuario : UFRGS - LACER Comentários : Líquido : Isopropyl alcohol Agente dispersante : Operador : Patricia Empresa : Localização : Data : 03/11/2014 Hora : 15:49:00 Índice med. : 2072	Ultrassom : 60 s Concentração : 107 Diâmetro a 10% : 1.71 mu Diâmetro a 50% : 13.58 mu Diâmetro a 90% : 41.14 mu Diâmetro médio : 18.01 mu Fraunhofer : Densidade/Fator : ----- Superfície específica : ----- Diluição automática : Sim / Não Medida./Limp. : 60/60/4 SOP : UFRGS L
--	--

		Valores cumulados característicos										in volume / passante									
x	0.04	0.07	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	x	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20
Q3	0.11	0.34	0.50	1.00	1.56	2.00	2.41	2.89	3.49	4.21	Q3	4.95	5.68	6.37	7.03	7.66	8.26	9.40	10.47	11.46	12.40
q3	0.04	0.04	0.04	0.07	0.13	0.14	0.17	0.25	0.36	0.50	q3	0.59	0.65	0.68	0.71	0.74	0.76	0.80	0.85	0.88	0.92
x	2.40	2.60	3.00	4.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	x	8.50	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Q3	13.29	14.16	15.85	19.96	23.88	27.59	29.35	31.07	32.74	34.37	Q3	35.97	37.53	40.52	43.36	46.04	48.58	50.99	53.28	55.46	57.55
q3	0.96	1.02	1.11	1.34	1.64	1.90	2.06	2.17	2.27	2.36	q3	2.47	2.55	2.66	2.79	2.88	2.97	3.04	3.11	3.16	3.23
x	18.00	19.00	20.00	22.00	25.00	28.00	32.00	36.00	38.00	40.00	x	45.00	50.00	53.00	56.00	63.00	71.00	75.00	80.00	85.00	90.00
Q3	59.57	61.52	63.41	67.02	72.06	76.56	81.62	85.75	87.54	89.18	Q3	92.61	95.20	96.39	97.35	98.80	99.61	99.79	99.91	99.97	100.00
q3	3.31	3.38	3.45	3.55	3.69	3.72	3.55	3.28	3.10	2.99	q3	2.73	2.30	1.91	1.63	1.15	0.63	0.31	0.17	0.09	0.05
x	95.00	100.0	106.0	112.0	125.0	130.0	140.0	145.0	150.0	160.0	x	170.0	180.0	190.0	200.0	212.0	242.0	250.0	300.0	400.0	500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	600.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	1100.0	1200.0	1300.0	1400.0	1500.0	x	1600.0	1700.0	1800.0	1900.0	2000.0	2100.0	2200.0	2300.0	2400.0	2500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %

**ANEXO B - ANÁLISE DA ÁREA SUPERFICIAL DAS ARGAMASSAS
AUTONIVELANTES**

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA Instruments
©1994-2012, Quantachrome Instruments
version 11.02



Analysis			Report		
Operator:	LACER	Date:2014/11/20	Operator:	LACER	Date:2014/11/25
Sample ID:	F1	Filename:	20141119_3.gps		
Sample Desc:		Comment:			
Sample weight:	0.9526 g	Sample Volume:	0.9526 cc	Sample Density:	1 g/cc
Outgas Time:	0.4 hrs	Outgas Temp:	300.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	273.0 K		
Press. Tolerance:	0.100/0.100 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	240/240 sec (ads/des)
Analysis Time:	26.0 min	End of run:	2014/11/20 16:16:30	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	1				

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013	Cross Section:	16.200 Å²		

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
5.63630e-02	0.2897	1.6496e+02	1.98622e-01	0.6727	2.9478e+02
7.94120e-02	0.3539	1.9505e+02	2.48224e-01	0.8049	3.2821e+02
1.04441e-01	0.4214	2.2143e+02	3.07337e-01	0.9631	3.6862e+02
1.52041e-01	0.5483	2.6164e+02			

BET summary

Slope =	790.418
Intercept =	1.326e+02
Correlation coefficient, r =	0.994710
C constant =	6.959
Surface Area =	3.773 cm²/g

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2012, Quantachrome Instruments
version 11.02



Analysis Operator:	LACER	Date:	2014/11/22	Report Operator:	LACER	Date:	2014/11/25
Sample ID:	F2	Filename:	20141121_1.qps				
Sample Desc:		Comment:		Sample Volume:	0.7641 cc	Sample Density:	1 g/cc
Sample weight:	0.7641 g	Outgas Temp:	300.0 C	Outgas Temp:	300.0 C		
Outgas Time:	0.4 hrs	Bath Temp:	273.0 K	Bath Temp:	273.0 K		
Analysis gas:	Nitrogen	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	240/240 sec (ads/des)
Press. Tolerance:	0.100/0.100 (ads/des)	End of run:	2014/11/22 9:01:09	End of run:	2014/11/22 9:01:09	Instrument:	Nova Station A
Analysis Time:	25.4 min						
Cell ID:	1						

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	Liquid Density:	0.808 g/cc
Molec. Wt.:	28.013	Cross Section:	16.200 Å ²		

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
4.82260e-02	0.2007	2.0196e+02	1.98838e-01	0.6164	3.2216e+02
7.70130e-02	0.2862	2.3330e+02	2.48797e-01	0.7471	3.5469e+02
1.04572e-01	0.3633	2.5717e+02	2.96505e-01	0.8737	3.8598e+02
1.53004e-01	0.4953	2.9182e+02			

BET summary

Slope = 721.109
 Intercept = 1.763e+02
 Correlation coefficient, r = 0.996851
 C constant = 5.089
 Surface Area = 3.880 cm²/g

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2012, Quantachrome Instruments
version 11.02



Analysis		Report	
Operator:	LACER	Operator:	LACER
Sample ID:	F3	Filename:	20141120_1.qps
Sample Desc:		Comment:	
Sample weight:	0.5292 g	Sample Volume:	0.5292 cc
Outgas Time:	0.4 hrs	Outgas Temp:	300.0 C
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	273.0 K
Press. Tolerance:	0.100/0.100 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)
Analysis Time:	25.5 min	End of run:	2014/11/21 8:06:40
Cell ID:	7		
		Sample Density:	1 g/cc
		Equil timeout:	240/240 sec (ads/des)
		Instrument:	Nova Station A

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013	Cross Section:	16.200 Å ²		

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
4.80890e-02	0.2968	1.3619e+02	2.05011e-01	0.7416	2.7821e+02
7.63860e-02	0.3852	1.7177e+02	2.47808e-01	0.8562	3.0785e+02
1.04988e-01	0.4680	2.0054e+02	3.04608e-01	1.0128	3.4606e+02
1.54489e-01	0.6054	2.4148e+02			

BET summary

Slope = 799.458
Intercept = 1.099e+02
Correlation coefficient, r = 0.995148
C constant = 8.271
Surface Area = 3.829 cm²/g

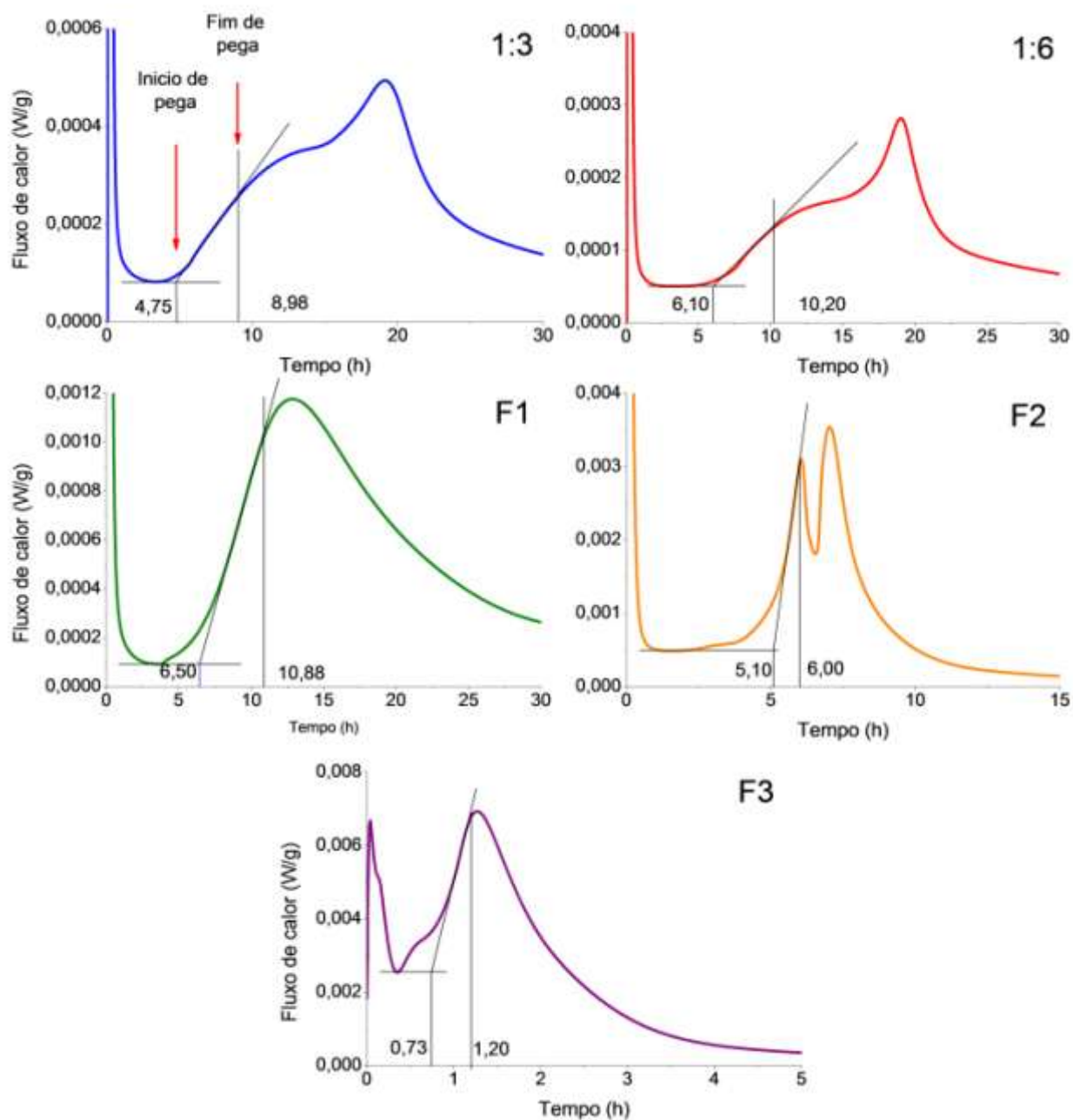
**APÊNDICE A - RESULTADOS DO ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO
CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO**

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa)						
CONCRETAGEM	ABATIMENTO (mm)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	MÉDIA (MPa)	DESVIO PADRÃO (MPa)	INTERVALO (MPa)	MÉDIA FINAL (MPa)
1	105	37,78	37,57	0,91	38,49	37,69
		35,45				
		38,10				
		36,92				
		38,10				
		38,00			36,66	
		36,99				
		38,73				
		37,74				
		37,91				
2	120	40,34	38,11	1,77	39,88	38,03
		36,14			36,34	
		36,5				
		38,53				
		39,06				
3	90	37,24	38,76	1,97	40,73	38,06
		37,43			36,79	
		37,47				
		41,59				
		40,09				
4	110	38,26	38,18	1,00	39,18	38,18
		37,37			37,19	
		38,9				
		39,38				
		37,01				
5	100	38,27	39,24	0,78	40,02	39,26
		39,92			38,46	
		40,16				
		38,9				
		38,95				
RESISTÊNCIA MÉDIA FINAL (MPa) - sem espúrios						38,24
DESVIO PADRÃO (MPa)						0,59
CV (%)						1,56

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE												
CONCRETAGEM	m inicial (g)	m 3h (g)	m 6h (g)	m 24h (g)	m 48h (g)	m 72h (g)	m 96h (g)	C 3hs (g/dm ² .min ^{1/2})	C 6hs (g/dm ² .min ^{1/2})	C 24hs (g/dm ² .min ^{1/2})	C 48hs (g/dm ² .min ^{1/2})	C 72hs (g/dm ² .min ^{1/2})
1	3,840	3,860	3,870	3,870	3,880	3,880	3,880	0,25	0,38	0,38	0,51	0,51
	3,860	3,870	3,870	3,880	3,880	3,880	3,880	0,13	0,13	0,25	0,25	0,25
	3,910	3,920	3,930	3,930	3,940	3,940	3,940	0,13	0,25	0,25	0,38	0,38
	3,850	3,860	3,870	3,870	3,880	3,880	3,880	0,13	0,25	0,25	0,38	0,38
	3,860	3,870	3,870	3,870	3,880	3,880	3,880	0,13	0,13	0,13	0,25	0,25
2	3,820	3,840	3,840	3,840	3,850	3,860	3,860	0,25	0,25	0,25	0,38	0,51
	3,840	3,850	3,850	3,850	3,860	3,860	3,860	0,13	0,13	0,13	0,25	0,25
	3,800	3,810	3,810	3,820	3,840	3,840	3,840	0,13	0,13	0,25	0,51	0,51
	3,840	3,850	3,850	3,860	3,860	3,860	3,860	0,13	0,13	0,25	0,25	0,25
	3,780	3,790	3,790	3,790	3,800	3,800	3,800	0,13	0,13	0,13	0,25	0,25
3	3,800	3,810	3,810	3,820	3,820	3,820	3,820	0,13	0,13	0,25	0,25	0,25
	3,790	3,800	3,800	3,820	3,820	3,820	3,820	0,13	0,13	0,38	0,38	0,38
	3,810	3,820	3,820	3,820	3,820	3,830	3,830	0,13	0,13	0,13	0,13	0,25
	3,840	3,850	3,850	3,860	3,860	3,860	3,860	0,13	0,13	0,25	0,25	0,25
	3,760	3,770	3,770	3,790	3,800	3,800	3,800	0,13	0,13	0,38	0,51	0,51
4	3,820	3,830	3,830	3,830	3,830	3,840	3,840	0,13	0,13	0,13	0,13	0,25
	3,800	3,810	3,820	3,820	3,820	3,830	3,830	0,13	0,25	0,25	0,25	0,38
	3,780	3,790	3,800	3,800	3,800	3,810	3,810	0,13	0,25	0,25	0,25	0,38
	3,740	3,750	3,760	3,780	3,780	3,790	3,800	0,13	0,25	0,51	0,51	0,64
	3,800	3,820	3,820	3,840	3,840	3,840	3,840	0,25	0,25	0,51	0,51	0,51
5	3,820	3,840	3,840	3,840	3,840	3,860	3,860	0,25	0,25	0,25	0,25	0,51
	3,810	3,820	3,830	3,840	3,840	3,840	3,840	0,13	0,25	0,38	0,38	0,38
	3,780	3,800	3,800	3,820	3,820	3,820	3,820	0,25	0,25	0,51	0,51	0,51
	3,790	3,800	3,800	3,810	3,820	3,820	3,820	0,13	0,13	0,25	0,38	0,38
	3,700	3,720	3,720	3,740	3,740	3,740	3,740	0,25	0,25	0,51	0,51	0,51
MÉDIA								0,16	0,19	0,29	0,35	0,39
DESVIO PADRÃO								0,06	0,07	0,12	0,12	0,12
INTERVALO								0,21	0,27	0,42	0,47	0,51
								0,10	0,12	0,17	0,22	0,27
MÉDIA FINAL - sem espúrios (g/dm².min^{1/2})								0,13	0,19	0,29	0,30	0,31
DESVIO PADRÃO (g/dm².min^{1/2})								0,00	0,06	0,06	0,06	0,07
CV (%)								0,00	34,90	19,73	21,05	21,02

**APÊNDICE B - RESULTADOS DO ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS
ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO**

ANÁLISE CALORIMÉTRICA DAS ARGAMASSAS ANALISADAS



TEMPO DE FLUXO DAS ARGAMASSAS AUTONIVELANTES			
ARGAMASSADA	TEMPO DE FLUXO (s)		
	F1	F2	F3
1	17,89	3,15	8,28
2	17,29	2,98	11,39
3	16,87	2,32	15,3
4	16,44	2,8	18,82
5	17,92	3,06	14,33
6	18,2	2,8	-
MÉDIA (s)	17,43	2,85	13,62
DESVIO PADRÃO (s)	0,69	0,30	4,00
CV (%)	3,94	10,37	29,33

RETENÇÃO DE FLUXO DAS ARGAMASSAS AUTONIVELANTES						
LEITURA	RETENÇÃO DE FLUXO (mm)					
	F1		F2		F3	
INICIAL (Índice de consistência)	24,5	24	34,5	36,5	33,5	31,5
	24,5	23,5	33,5	36	33	32
	24,5	23,5	34	35,5	32	31
MÉDIA FINAL (mm)	24,08		35,00		32,17	
5 MINUTOS	-	-	-	-	29	29
	-	-	-	-	29	28
	-	-	-	-	29,5	28,5
MÉDIA FINAL (mm)	-		-		28,83	
10 MINUTOS	19	18	35	35,5	14	12
	18,5	17	35	35,5	15	12
	18,5	17,5	34	35,5	13,5	12
MÉDIA FINAL (mm)	18,08		35,08		13,08	
20 MINUTOS	14	13	35,5	36,5	-	-
	14,5	13,5	34,5	36	-	-
	15	14	33,5	36	-	-
MÉDIA FINAL (mm)	14,00		35,83		-	
30 MINUTOS	14,5	13	34	37,5	-	-
	13,5	12,5	34	36	-	-
	14	12	33,5	36	-	-
MÉDIA FINAL (mm)	13,25		35,17		-	
40 MINUTOS	-	-	33	35	-	-
	-	-	33	35	-	-
	-	-	33,5	34,5	-	-
MÉDIA FINAL (mm)	-		34,00		-	
50 MINUTOS	-	-	33,5	33,5	-	-
	-	-	33	33,5	-	-
	-	-	32,5	33,5	-	-
MÉDIA FINAL (mm)	-		33,25		-	
60 MINUTOS	-	-	31	32,5	-	-
	-	-	31	32,5	-	-
	-	-	31	32	-	-
MÉDIA FINAL (mm)	-		31,67		-	
70 MINUTOS	-	-	28,5	29,5	-	-
	-	-	28	30,5	-	-
	-	-	28	30	-	-
MÉDIA FINAL (mm)	-		29,08		-	

EXSUDAÇÃO DAS ARGAMASSAS AUTONIVELANTES						
	F1		F2		F3	
Massa da amostra	2,82 Kg		2,80 Kg		2,80 Kg	
Massa de água	0,592 Kg		0,588 Kg		0,602 Kg	
TEMPO DE LEITURA	ÁGUA ACUMULADA					
INICIAL	-	-	-	-	-	-
10 MINUTOS	-	-	-	-	-	-
20 MINUTOS	-	-	-	-	-	-
30 MINUTOS	-	-	-	-	-	-
40 MINUTOS	-	-	-	-	-	-
50 MINUTOS	-	-	-	-	-	-
60 MINUTOS	-	-	-	-	-	-
MÉDIA FINAL (g)	0,00		0,00		0,00	

DENSIDADE DE MASSA NO ESTADO FRESCO							
ARGAMASSA	Vr (g)	Mv (g)	Mc (g)	d (kg/m ³)	MÉDIA (kg/m ³)	DESVIO (kg/m ³)	CV (%)
1:3	481,03	641,92	1469,35	1720,12	1727,97	25,63	1,48
			1489,04	1761,05			
			1459,48	1699,60			
			1474,64	1731,11			
1:6	481,03	641,92	1490,70	1764,50	1770,19	16,01	0,90
			1489,15	1761,28			
			1504,93	1794,08			
			1488,96	1760,88			
F1	481,03	641,92	1551,49	1890,88	1910,62	29,93	1,57
			1546,36	1880,21			
			1576,70	1943,28			
			1569,41	1928,13			
F2	481,03	641,92	1624,90	2043,49	2030,80	11,48	0,57
			1623,85	2041,30			
			1611,74	2016,13			
			1612,90	2018,54			
			1621,00	2035,38			
F3	481,03	641,92	1618,40	2029,97	1980,72	15,42	0,78
			1602,97	1997,90			
			1588,61	1968,04			
			1592,55	1976,23			

TEOR DE AR INCORPORADO						
ARGAMASSA	Ms (g)	Mágua (g)	γ_s (g/cm ³)	d (g/cm ³)	dt (g/cm ³)	A (%)
1:3	-	-	-	1,72	0,74	25,17
1:6	-	-	-	1,77	0,76	23,21
F1	25000	5250	2,73	1,91	2,10	9,00
F2	20000	4200	2,66	2,03	2,06	1,66
F3	20000	4300	2,64	1,98	2,04	3,20

**APÊNDICE C - RESULTADOS DO ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS
ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO**

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa)							
ARGAMASSA	IDADE (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa)	MÉDIA (MPa)	INTERVALO	MÉDIA FINAL sem espúrios (MPa)	DESVIO PADRÃO (MPa)	CV (%)
1:3	7	17,76	17,68	20,31	18,10	0,59	3,24
		18,41					
		18,46					
		19,15					
		17,58		15,05			
		17,76					
		14,72					
		17,61					
	28	21,72	26,58	30,63	26,99	1,46	5,41
		27,00					
		27,63					
		24,84					
		26,19					
		27,57					
		28,30		22,54			
		27,50					
		27,02					
		27,74					
		26,79					
		29,33					
	28 °C	23,92	26,91	29,95	26,91	1,52	5,66
28,27							
26,70							
25,66		23,86					
28,13							
24,61							
1:6	7	5,04	4,80	5,51	4,80	0,36	7,40
		4,69					
		4,96					
		4,25					
		4,79		4,09			
		5,49					
		4,49					
		4,85					
	28	4,61	6,60	7,90	6,77	0,38	5,54
		8,86					
		6,83					
		6,51					
		5,89					
		5,03					
		6,89					
		7,08					
		7,07					
		6,74					
		6,90					
		28 °C		7,02			
	6,13						
8,11							
8,51	5,52						
6,82							
7,79							

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa)							
ARGAMASSA	IDADE (dias)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	MÉDIA (MPa)	INTERVALO	MÉDIA FINAL sem espúrios (MPa)	DESVIO PADRÃO (MPa)	CV (%)
F1	1	4,84	4,78	5,77	4,78	0,50	10,39
		4,61					
		5,69					
		5,16					
		4,90		3,79			
		4,51					
		4,03					
		4,51					
	7	13,16	13,28	14,97	13,28	0,84	6,36
		12,18					
		13,37					
		12,35					
		13,14		11,59			
		12,71					
		13,71					
		14,84					
	28	20,23	17,72	21,02	17,72	1,65	9,32
		20,13					
		17,67					
		15,95					
		17,11		14,41			
		16,20					
		17,81					
		16,64					
28 °C	23,9	25,54	27,75	25,54	1,10	4,33	
	26,6						
	25,7						
	26,4		23,33				
	25,0						
F2	1	9,34	11,43	13,88	11,43	1,23	10,72
		12,15					
		11,07					
		9,83					
		11,15		8,98			
		11,84					
		13,07					
		12,59					
		11,82					
	7	13,46	13,68	15,91	13,39	0,58	4,32
		16,60					
		12,32					
		14,02					
		13,54		11,46			
		12,50					
		13,83					
		13,62					
		13,87					
13,68							
13,09							

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa)							
ARGAMASSA	IDADE (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa)	MÉDIA (MPa)	INTERVALO	MÉDIA FINAL sem espúrios (MPa)	DESVIO PADRÃO (MPa)	CV (%)
F2	28	10,78	14,36	18,75	14,36	2,19	15,27
		11,82					
		15,15					
		16,33					
		14,93		9,98			
		15,14					
	16,40						
	28 °C	11,48	16,08	21,84	16,08	2,88	17,93
		18,64					
		18,88					
15,03		10,31					
17,77							
14,66							
F3	1	7,49	7,62	8,77	7,62	0,57	7,53
		8,10					
		7,10					
		8,65					
		7,25		6,47			
		7,82					
		7,68					
	6,88						
	7	9,60	10,08	12,05	10,30	0,71	6,93
		8,01					
		9,87					
		11,23					
		11,24					
		9,92		8,10			
		10,13					
		9,26					
	10,72						
	10,77						
	28	9,97	10,04	11,83	10,04	0,90	8,91
		9,12					
		11,15					
		11,05					
		10,59		8,25			
9,36							
9,07							
28 °C	18,73	14,37	20,59	14,37	3,11	21,65	
	11,97						
	17,93						
	12,29						
	13,23		8,51				
	12,06						

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (MPa)							
ARGAMASSA	IDADE (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa)	MÉDIA (MPa)	INTERVALO	MÉDIA FINAL sem espúrios (MPa)	DESVIO PADRÃO (MPa)	CV (%)
1:3	7	2,33	2,38	2,82	2,38	0,22	9,24
		2,34					
		2,54					
		2,64					
		2,06					
	28	3,81	3,28	4,10			
		3,76					
		3,69					
		3,34					
		3,08					
		3,43		2,45			
		2,90					
		2,54					
		2,97					
3,25							
1:6	7	0,73	0,60	0,80	0,60	0,10	16,23
		0,69					
		0,54					
		0,52					
		0,54					
	28	1,02	1,10	1,21			
		1,03					
		0,93					
		0,89					
		0,94					
		0,98					
		0,92					
		1,08					
		1,04					
1,24							
F1	1	0,55	0,61	0,73	0,61	0,06	9,21
		0,59					
		0,61					
		0,70					
		0,62					
		0,55					
	7	1,35	1,28	1,71			
		1,20					
		1,08					
		1,61		0,84			
		1,02					
		1,40					
	28	2,01	2,10	2,47			
		2,09					
2,20							
2,19		1,73					
2,32							
1,78							

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (MPa)							
ARGAMASSA	IDADE (dias)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	MÉDIA (MPa)	INTERVALO	MÉDIA FINAL sem espúrios (MPa)	DESVIO PADRÃO (MPa)	CV (%)
F2	1	1,40	1,42	1,88	1,34	0,09	6,51
		1,36					
		1,91					
		1,20		0,96			
		1,45					
		1,32					
	7	1,31	1,51	2,08	1,51	0,28	18,62
		1,41					
		1,43					
		1,69		0,95			
		1,85					
		1,30					
	28	1,82	1,51	1,74	1,51	0,12	7,78
		1,10					
		1,34					
1,46							
1,48							
F3		1		1,55			
	1,69						
	1,50		0,34				
	0,60						
	0,85						
	7		0,52	1,15	1,34	1,15	0,10
		0,76					
		0,88	0,95				
		0,96					
		0,47					
		28	1,17		1,25		
	1,25						
	0,98		0,39				
	1,26						
	1,08						
28	1,13		1,25	2,11		1,25	0,43
	1,15						
	1,11	0,39					
	0,76						
	1,95						
	28	1,07		1,25	2,11		
1,03							
1,57							

DENSIDADE DE MASSA NO ESTADO ENDURECIDO						
ARGAMASSA 1:3						
AMOSTRA	CP 1	CP2	CP3	CP4	CP5	
ALTURA (mm)	100,72	99,49	99,53	100,33	100,82	
	100,52	99,41	99,54	100,36	100,96	
	100,77	99,82	99,56	100,32	100,85	
MÉDIA ALTURA (mm)	100,67	99,57	99,54	100,34	100,88	
DIAMETRO (mm)	49,86	51,16	50,19	50,34	50,09	
	49,93	50,3	50,19	50,72	50,09	
	50,02	51,11	50,2	50,43	50,13	
MÉDIA DIAMETRO (mm)	49,94	50,86	50,19	50,50	50,10	
MASSA (g)	430,88	442,31	428,43	443,64	443,64	
VOLUME (cm³)	197,06	202,17	196,87	200,84	198,79	
DENSIDADE (kg/m³)	2186,49	2187,85	2176,24	2208,90	2231,71	
DENSIDADE MÉDIA FINAL (kg/m³)					2198,24	
DESVIO (kg/m³)					22,16	
CV (%)					1,01	

DENSIDADE DE MASSA NO ESTADO ENDURECIDO						
ARGAMASSA 1:6						
AMOSTRA	CP 1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
ALTURA (mm)	100,33	100,58	105,49	99,58	99,03	100,72
	100,64	100,41	105,02	99,55	99,38	100,69
	100,41	100,39	104,97	99,53	99,83	100,67
MÉDIA ALTURA (mm)	100,46	100,46	105,16	99,55	99,41	100,69
DIAMETRO (mm)	50,59	51,63	50,22	51,36	51,56	49,78
	50,04	51,46	50,57	50,7	50,83	49,71
	49,37	51,71	50,19	50,9	51,00	50,2
MÉDIA DIAMETRO (mm)	50,00	51,60	50,33	50,99	51,13	49,90
MASSA (g)	390,38	399,41	406,23	400,25	400,28	382,06
VOLUME (cm³)	197,15	209,97	209,08	203,16	204,02	196,79
DENSIDADE (kg/m³)	1980,09	1902,20	1942,92	1970,12	1962,00	1941,41
DENSIDADE MÉDIA FINAL (kg/m³)					1949,79	
DESVIO (kg/m³)					27,79	
CV (%)					1,43	

DENSIDADE DE MASSA NO ESTADO ENDURECIDO						
ARGAMASSA F1						
AMOSTRA	CP 1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
ALTURA (mm)	93,94	91,75	94,32	95,02	94,13	95,13
	93,87	91,8	94,73	95,04	94,96	95,3
	94,04	92,07	94,2	95,04	94,22	95,18
MÉDIA ALTURA (mm)	93,95	91,87	94,42	95,03	94,44	95,20
DIAMETRO (mm)	51,24	51,05	49,86	50,06	50,84	49,7
	50,97	50,9	50,01	49,93	50,68	49,73
	51,35	51,1	50,09	50,12	51,15	49,66
MÉDIA DIAMETRO (mm)	51,19	51,02	49,99	50,04	50,89	49,70
MASSA (g)	329,39	316,91	319,54	322,05	326,05	314,88
VOLUME (cm³)	193,23	187,71	185,19	186,78	191,99	184,58
DENSIDADE (kg/m³)	1704,63	1688,31	1725,43	1724,25	1698,28	1705,96
DENSIDADE MÉDIA FINAL (kg/m³)					1707,81	
DESVIO (kg/m³)					14,60	
CV (%)					0,85	

DENSIDADE DE MASSA NO ESTADO ENDURECIDO							
ARGAMASSA F2							
AMOSTRA	CP 1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
ALTURA (mm)	93,97	95,56	96,82	97,31	94,27	95,98	96,54
	94,34	95,23	97,96	97,31	93,41	95,85	96,52
	95,04	95,34	97,12	96,67	94,17	95,73	96,76
MÉDIA ALTURA (mm)	94,45	95,38	97,30	97,10	93,95	95,85	96,61
DIAMETRO (mm)	50,02	50,17	51,20	50,56	50,85	51,66	50,19
	50,00	50,08	51,40	50,05	50,92	50,87	50,06
	50,02	50,10	51,23	50,18	51,03	51,87	49,92
MÉDIA DIAMETRO (mm)	50,01	50,12	51,28	50,26	50,93	51,47	50,06
MASSA (g)	335,13	339,61	356,56	344,7	337,28	352,39	341,4
VOLUME (cm ³)	185,46	188,05	200,83	192,56	191,32	199,31	190,02
DENSIDADE (kg/m ³)	1807,05	1805,94	1775,46	1790,05	1762,87	1768,05	1796,65
DENSIDADE MÉDIA FINAL (kg/m ³)						1788,27	
DESVIO (kg/m ³)						19,22	
CV (%)						1,07	

DENSIDADE DE MASSA NO ESTADO ENDURECIDO					
ARGAMASSA F3					
AMOSTRA	CP 1	CP2	CP3	CP4	CP5
ALTURA (mm)	91,11	94,34	96,89	98,43	97,35
	91,03	94,38	96,85	98,56	97,64
	91,05	94,55	96,83	98,58	97,54
MÉDIA ALTURA (mm)	91,06	94,42	96,86	98,52	97,51
DIAMETRO (mm)	51,53	50,03	50,91	50,08	49,97
	51,31	50,13	51,6	49,99	49,99
	52,05	50,01	51,51	50,01	50,11
MÉDIA DIAMETRO (mm)	51,63	50,06	51,34	50,03	50,02
MASSA (g)	344,81	352,26	374,13	364,92	378,61
VOLUME (cm ³)	190,55	185,73	200,41	193,56	191,54
DENSIDADE (kg/m ³)	1809,52	1896,66	1866,86	1885,32	1976,64
DENSIDADE MÉDIA FINAL (kg/m ³)				1887,00	
DESVIO (kg/m ³)				60,29	
CV (%)				3,20	

MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO					
ARGAMASSA 1:3					
AMOSTRA	CP 1	CP2	CP3	CP4	CP5
ALTURA (mm)	100,67	99,57	99,54	100,34	100,88
DIAMETRO (mm)	49,94	50,86	50,19	50,50	50,10
MASSA (g)	430,88	442,31	428,43	443,64	443,64
VOLUME (cm ³)	197,06	202,17	196,87	200,84	198,79
DENSIDADE (kg/m ³)	2186,49	2187,85	2176,24	2208,90	2231,71
VELOCIDADE (mm/μseg)	4,30	4,26	4,25	4,29	4,31
	4,30	4,26	4,25	4,22	4,27
	4,30	4,26	4,25	4,29	4,31
VELOCIDADE MÉDIA (mm/μseg)	4,30	4,26	4,25	4,26	4,30
Ed (GPa)	36,42	35,65	35,44	36,55	37,33
	36,42	35,65	35,44	35,33	36,70
	36,42	35,65	35,44	36,55	37,33
Ed médio (GPa)	36,42	35,65	35,44	36,15	37,12
MÓDULO DE ELASTICIDADE MÉDIO (GPa)				36,16	
DESVIO				0,66	
CV (%)				1,83	

MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO						
ARGAMASSA 1:6						
AMOSTRA	CP 1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
ALTURA (mm)	100,46	100,46	105,16	99,55	99,41	100,69
DIAMETRO (mm)	50,00	51,60	50,33	50,99	51,13	49,90
MASSA (g)	390,38	399,41	406,23	400,25	400,28	382,06
VOLUME (cm³)	197,15	209,97	209,08	203,16	204,02	196,79
DENSIDADE (kg/m³)	1980,09	1902,20	1942,92	1970,12	1962,00	1941,41
VELOCIDADE (mm/µseg)	3,18	3,11	3,21	3,26	3,26	3,16
	3,14	3,12	3,13	3,16	3,17	3,12
	3,12	3,07	3,25	3,24	3,26	3,14
VELOCIDADE média (mm/µseg)	3,15	3,10	3,19	3,22	3,23	3,14
Ed (GPa)	18,01	16,56	17,97	18,89	18,76	17,41
	17,56	16,66	17,13	17,71	17,70	16,98
	17,35	16,16	18,42	18,65	18,76	17,19
Ed médio (GPa)	17,64	16,46	17,84	18,42	18,41	17,19
MÓDULO DE ELASTICIDADE MÉDIO (GPa)					17,75	
DESVIO MÉDIO (GPa)					0,80	
CV (%)					4,50	

MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO						
ARGAMASSA F1						
AMOSTRA	CP 1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
ALTURA (mm)	93,95	91,87	94,42	95,03	94,44	95,20
DIAMETRO (mm)	51,19	51,02	49,99	50,04	50,89	49,70
MASSA (g)	329,39	316,91	319,54	322,05	326,05	314,88
VOLUME (cm³)	193,23	187,71	185,19	186,78	191,99	184,58
DENSIDADE (Kg/m³)	1704,63	1688,31	1725,43	1724,25	1698,28	1705,96
VELOCIDADE (mm/µseg)	2,55	2,62	2,56	2,64	2,72	2,51
	2,58	2,64	2,57	2,62	2,71	2,51
	2,54	2,63	2,56	2,58	2,71	2,49
VELOCIDADE média (mm/µseg)	2,56	2,63	2,56	2,61	2,71	2,50
Ed (GPa)	9,95	10,47	10,17	10,81	11,32	9,69
	10,22	10,59	10,22	10,64	11,19	9,69
	9,89	10,53	10,17	10,35	11,19	9,49
Ed médio (GPa)	10,02	10,53	10,19	10,60	11,23	9,62
MÓDULO DE ELASTICIDADE MÉDIO (GPa)					10,51	
DESVIO (GPa)					0,47	
CV (%)					4,46	

MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO							
ARGAMASSA F2							
AMOSTRA	CP 1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
ALTURA (mm)	94,45	95,38	97,30	97,10	93,95	95,85	96,61
DIAMETRO (mm)	50,02	50,1	51,23	50,18	51,03	51,87	49,92
MASSA (g)	335,13	339,61	356,56	344,7	337,28	352,39	341,4
VOLUME (cm³)	185,46	188,05	200,83	192,56	191,32	199,31	190,02
DENSIDADE (kg/m³)	1807,05	1805,94	1775,46	1790,05	1762,87	1768,05	1796,65
VELOCIDADE (mm/µseg)	2,92	2,86	2,90	2,86	2,90	2,91	2,77
	2,76	2,74	2,84	2,86	2,90	2,84	2,85
	2,92	2,91	2,91	2,92	2,94	2,88	2,90
VELOCIDADE média (mm/µseg)	2,87	2,84	2,88	2,88	2,91	2,88	2,84
Ed (GPa)	13,82	13,33	13,40	13,22	13,34	13,51	12,39
	12,40	12,21	12,86	13,22	13,34	12,80	13,13
	13,91	13,74	13,56	13,70	13,68	13,18	13,61
Ed médio (GPa)	13,38	13,10	13,27	13,38	13,45	13,16	13,04
MÓDULO DE ELASTICIDADE MÉDIO (GPa)					13,31		
DESVIO (GPa)					0,14		
CV (%)					1,04		

MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO					
ARGAMASSA F3					
AMOSTRA	CP 1	CP2	CP3	CP4	CP5
ALTURA (mm)	91,06	94,42	96,86	98,52	97,51
DIAMETRO (mm)	51,63	50,06	51,34	50,03	50,02
MASSA (g)	344,81	352,26	374,13	364,92	378,61
VOLUME (cm³)	190,55	185,73	200,41	193,56	191,54
DENSIDADE (kg/m³)	1809,52	1896,66	1866,86	1885,32	1976,64
VELOCIDADE (mm/μseg)	2,17	2,20	2,18	2,17	2,38
	2,17	2,16	2,18	2,17	2,35
	2,23	2,18	2,20	2,19	2,47
VELOCIDADE média (mm/μseg)					
	2,19	2,18	2,19	2,18	2,40
Ed (GPa)	7,69	8,23	8,00	8,03	10,06
	7,66	7,93	8,00	7,99	9,82
	8,11	8,08	8,10	8,17	10,90
Ed médio (GPa)	7,82	8,08	8,03	8,06	10,26
MÓDULO DE ELASTICIDADE MÉDIO (GPa)				8,45	
DESVIO (GPa)				1,02	
CV (%)				12,03	

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE								
ARGAMASSA 1:3								
AMOSTRA	RAIO MÉDIO (cm)	ÁREA (cm²)	PESO SECO	PESO 10min	PESO 90 min	A10 (g/cm²)	A90 (g/cm²)	C (g/cm²)
CP1	2,50	19,58	427,06	428,91	430,93	0,09	0,20	2,02
CP2	2,54	20,30	439,00	440,78	442,8	0,09	0,19	2,02
CP3	2,51	19,78	424,58	426,24	428,24	0,08	0,19	2,00
CP4	2,52	20,02	439,83	441,58	443,33	0,09	0,17	1,75
CP5	2,51	19,71	427,80	429,72	431,51	0,10	0,19	1,79
ABSORÇÃO MÉDIA (kg/m³)								1,92
DESVIO PADRÃO (kg/m³)								0,13
CV (%)								7,01

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE								
ARGAMASSA 1:6								
AMOSTRA	RAIO MÉDIO (cm)	ÁREA (cm²)	PESO SECO	PESO 10min	PESO 90 min	A10 (g/cm²)	A90 (g/cm²)	C (g/cm²)
CP1	2,50	19,63	390,38	392,46	396,62	0,11	0,32	4,16
CP2	2,58	20,90	399,41	402,56	407,06	0,15	0,37	4,50
CP3	2,52	19,88	406,23	408,88	412,32	0,13	0,31	3,44
CP4	2,55	20,41	400,25	401,85	405,45	0,08	0,25	3,60
CP5	2,56	20,52	400,28	402,57	406,03	0,11	0,28	3,46
CP6	2,49	19,54	382,06	385,76	390,15	0,19	0,41	4,39
ABSORÇÃO MÉDIA (kg/m³)								3,92
DESVIO PADRÃO (kg/m³)								0,48
CV (%)								12,27

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE								
ARGAMASSA F1								
AMOSTRA	RAIO MÉDIO (cm)	ÁREA (cm²)	PESO SECO	PESO 10min	PESO 90 min	A10 (g/cm²)	A90 (g/cm²)	C (g/cm²)
CP1	2,56	20,57	330,02	333,28	339,92	0,16	0,48	6,64
CP2	2,55	20,43	317,44	319,65	324,55	0,11	0,35	4,90
CP3	2,50	19,61	320,05	322,78	327,47	0,14	0,38	4,69
CP4	2,50	19,65	322,48	325,18	330,15	0,14	0,39	4,97
CP5	2,54	20,33	326,55	328,82	332,96	0,11	0,32	4,14
CP6	2,48	19,39	315,47	318,93	323,91	0,18	0,44	4,98
ABSORÇÃO MÉDIA (kg/m³)								5,05
DESVIO PADRÃO (kg/m³)								0,84
CV (%)								16,60

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE								
ARGAMASSA F2								
AMOSTRA	RAIO MÉDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO SECO	PESO 10min	PESO 90 min	A10 (g/cm ²)	A90 (g/cm ²)	C (g/cm ²)
CP1	2,50	19,64	335,46	336,99	339,25	0,08	0,19	2,26
CP2	2,51	19,72	339,89	341,62	343,9	0,09	0,20	2,28
CP3	2,56	20,64	356,84	358,36	360,97	0,07	0,20	2,61
CP4	2,51	19,83	345,15	347,22	349,84	0,10	0,24	2,62
CP5	2,57	20,79	352,78	354,44	357,17	0,08	0,21	2,73
CP6	2,50	19,67	341,78	343,91	346,56	0,11	0,24	2,65
CP7	2,50	19,64	335,46	336,99	339,25	0,08	0,19	2,26
ABSORÇÃO MÉDIA (kg/m ³)							2,52	
DESVIO PADRÃO (kg/m ³)							0,20	
CV (%)							8,00	

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE								
ARGAMASSA F3								
AMOSTRA	RAIO MÉDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO SECO	PESO 10min	PESO 90 min	A10 (g/cm ²)	A90 (g/cm ²)	C (g/cm ²)
CP1	2,58	20,93	345,31	346,15	347,27	0,04	0,09	1,12
CP2	2,50	19,67	352,51	353,09	354,1	0,03	0,08	1,01
CP3	2,57	20,69	374,28	375,14	376,63	0,04	0,11	1,49
CP4	2,50	19,65	365,04	365,54	366,41	0,03	0,07	0,87
CP5	2,50	19,64	378,53	379,36	380,74	0,04	0,11	1,38
ABSORÇÃO MÉDIA (kg/m ³)							1,17	
DESVIO PADRÃO (kg/m ³)							0,26	
CV (%)							21,90	

DUREZA SUPERFICIAL				
ARGAMASSA 1:3				
CURA	CURA CONTROLADA		CURA AQUECIDA	
IMPACTO	PLACA 1	PLACA 2	PLACA 1	PLACA 2
1	35,5	38,0	34,0	37,5
2	44,5	42,5	38,5	41,5
3	42,5	42,0	36,5	43,5
4	36,0	37,5	39,5	34,5
5	40,0	40,0	44,0	45,5
6	44,5	47,0	37,5	47,0
7	39,5	45,5	35,5	46,0
8	41,0	38,5	40,0	41,5
9	35,5	36,0	35,0	41,5
10	41,5	43,0	35,0	45,0
11	40,5	41,0	41,0	44,5
12	37,5	43,5	34,5	40,0
13	45,0	42,5	36,5	41,0
14	44,0	44,0	38,5	43,5
15	45,0	42,0	39,5	46,5
16	44,5	41,5	35,0	38,5
Média	41,06	41,53	37,53	42,34
Intervalo	45,17 36,96	45,68 37,38	41,28 33,78	46,58 38,11
Média	42,13	41,54	37,10	42,96
Intervalo	46,34 37,91	45,69 37,38	40,81 33,39	47,26 38,67
Média	42,71	-	36,82	43,33
Intervalo	46,88 38,44	- -	40,50 33,14	47,67 39,00
MÉDIA FINAL	42,12		39,89	
DESVIO	2,27		3,91	
CV (%)	5,38		9,81	

DUREZA SUPERFICIAL									
ARGAMASSA 1:6									
CURA	CURA CONTROLADA				CURA AQUECIDA				
IMPACTO	PLACA 1		PLACA 2		PLACA 1		PLACA 2		
1	24,0		24,0		28,0		24,0		24,0
2	26,0		30,0		30,5		32,0		32,0
3	27,5		28,0		32,5		27,0		27,0
4	25,5		25,5		28,0		25,5		25,5
5	25,0		28,0		32,5		31,5		31,5
6	29,5		29,0		31,5		35,0		35,0
7	27,0		28,5		32,0		32,0		32,0
8	27,0		28,5		30,5		31,0		31,0
9	22,5		22,0		29,5		24,0		24,0
10	27,0		29,0		32,0		29,5		29,5
11	28,5		29,5		32,0		32,0		32,0
12	24,0		24,5		36,5		27,5		27,5
13	27,5		29,0		32,5		30,5		30,5
14	26,5		26,0		31,0		30,0		30,0
15	28,0		30,0		32,0		34,5		34,5
16	28,0		27,0		31,0		33,5		33,5
Média	26,47		27,41		31,38		29,97		
Intervalo	29,12	23,82	30,15	24,67	34,51	28,24	32,97	26,97	
Média	26,54		28,31		31,50		30,30		
Intervalo	29,19	23,88	31,14	25,48	34,65	28,35	33,33	27,27	
Média	-		-		-		30,67		
Intervalo	-	-	-	-	-	-	33,73	27,60	
MÉDIA FINAL	27,42				31,28				
DESVIO	1,67				0,95				
CV (%)	6,08				3,05				

DUREZA SUPERFICIAL									
ARGAMASSA F1									
CURA	CURA CONTROLADA				CURA AQUECIDA				
IMPACTO	PLACA 1		PLACA 2		PLACA 1		PLACA 2		
1	21,5		23,0		28,0		26,5		26,5
2	25,0		26,0		31,0		25,0		25,0
3	23,5		26,0		30,0		27,0		27,0
4	21,5		26,0		28,5		26,5		26,5
5	24,0		22,5		30,0		27,0		27,0
6	22,0		27,5		32,0		29,0		29,0
7	24,5		26,0		32,5		32,0		32,0
8	23,5		25,5		32,0		29,0		29,0
9	22,0		24,0		27,5		25,5		25,5
10	24,5		25,5		30,0		26,0		26,0
11	23,0		26,5		32,0		28,0		28,0
12	22,5		24,0		29,5		26,0		26,0
13	22,5		25,5		32,0		29,0		29,0
14	24,5		26,5		31,5		30,0		30,0
15	24,5		24,0		31,5		30,0		30,0
16	26,0		26,0		32,5		28,5		28,5
Média	23,44		25,28		30,66		27,81		
Intervalo	25,78	21,09	27,81	22,75	33,72	27,59	30,59	25,03	
Média	23,27		25,47		30,87		27,71		
Intervalo	25,59	20,94	28,01	22,92	33,95	27,78	30,49	24,94	
MÉDIA FINAL	24,37				29,29				
DESVIO	1,63				2,17				
CV (%)	6,69				7,41				

DUREZA SUPERFICIAL									
ARGAMASSA F2									
CURA	CURA CONTROLADA				CURA AQUECIDA				
IMPACTO	PLACA 1		PLACA 2		PLACA 1		PLACA 2		
1	24,0		23,0		27,0		27,5		
2	27,0		26,0		30,0		30,5		
3	26,5		25,5		30,5		31,5		
4	24,5		22,5		27,5		29,0		
5	26,5		25,0		29,5		29,5		
6	27,0		26,0		30,0		30,5		
7	27,5		26,0		31,0		29,5		
8	26,5		25,5		28,5		30,5		
9	24,5		23,0		27,0		28,0		
10	27,5		25,5		30,5		31,5		
11	27,5		24,5		30,5		30,0		
12	25,0		22,5		25,5		28,0		
13	27,5		25,0		30,0		33,0		
14	26,0		25,5		30,0		30,0		
15	26,5		26,0		29,5		30,5		
16	26,0		24,5		29,0		30,5		
Média	26,25		24,75		29,13		30,00		
Intervalo	28,88	23,63	27,23	22,28	32,04	26,21	33,00	27,00	
Média	-		-		29,37		-		
Intervalo	-	-	-	-	32,30	26,43	-	-	
MÉDIA FINAL	25,50				29,68				
DESVIO	1,43				1,38				
CV (%)	5,61				4,66				

DUREZA SUPERFICIAL									
ARGAMASSA F3									
CURA	CURA CONTROLADA				CURA AQUECIDA				
IMPACTO	PLACA 1		PLACA 2		PLACA 1		PLACA 2		
1	20,5		19,5		22,0		24,0		
2	25,5		17,0		25,5		27,5		
3	24,0		18,5		24,5		27,5		
4	21,5		17,0		24,0		24,5		
5	22,0		18,5		25,0		23,5		
6	24,5		22,5		27,0		27,0		
7	24,0		21,0		28,0		28,0		
8	24,0		18,5		26,0		26,0		
9	19,0		18,0		22,5		24,5		
10	25,5		21,5		27,5		25,5		
11	26,0		19,0		26,5		28,0		
12	19,5		17,0		23,5		24,5		
13	24,0		20,0		27,0		26,5		
14	24,5		20,0		27,5		28,5		
15	25,0		17,0		25,5		26,5		
16	24,0		19,5		26,0		27,0		
Média	23,34		19,03		25,50		26,19		
Intervalo	25,68	21,01	20,93	17,13	28,05	22,95	28,81	23,57	
Média	24,04		19,06		25,96		26,37		
Intervalo	26,45	21,64	20,96	17,15	28,56	23,37	29,00	23,73	
Média	24,27		-		-		-		
Intervalo	26,70	21,85	-	-	-	-	-	-	
MÉDIA FINAL	21,66				26,17				
DESVIO	2,79				1,42				
CV (%)	12,89				5,41				

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 1 - COLA EPÓXI)

ARGAMASSA 1:3 - CURA CONTROLADA

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	51,59	51,09	51,34	2069,10	0,10	0,10	0,10	2708,25	1,31	-	-	85	15
2	41,83	46,41	44,12	1528,06	0,70	0,10	0,40	2237,25	1,46	-	-	90	10
3	51,67	51,74	51,71	2098,62	21,07	18,44	19,76	2178,38	1,04	-	85	15	-
4	51,78	51,78	51,78	2104,72	18,04	20,32	19,18	2237,25	1,06	-	90	10	-
5	51,52	51,73	51,63	2092,14	17,20	19,34	18,27	1668,13	0,80	-	80	20	-
6	51,01	49,76	50,39	1992,84	1,78	0,58	1,18	2845,63	1,43	-	-	95	5
7	51,72	51,95	51,84	2109,19	2,70	0,78	1,74	2688,63	1,27	-	-	100	-
8	49,11	49,86	49,49	1922,28	0,82	1,21	1,02	2453,13	1,28	-	-	95	5
9	38,73	48,76	43,75	1502,20	2,57	1,75	2,16	2865,25	1,91	-	-	85	15
10	51,69	51,73	51,71	2099,03	17,78	17,67	17,73	4297,88	2,05	-	5	95	-
11	51,86	51,88	51,87	2112,04	21,38	19,11	20,25	2394,25	1,13	-	15	85	-
12	51,65	51,78	51,72	2099,44	20,42	20,24	20,33	4592,25	2,19	-	5	95	-
MÉDIA (MPa)										1,36			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,54			
CV (%)										39,33			
UMIDADE (%)										1,89			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 1 - COLA EPÓXI)

ARGAMASSA 1:3 - CURA AQUECIDA

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	51,60	51,69	51,65	2093,76	23,32	14,18	18,75	3866,13	1,85	-	30	70	-
2	50,74	51,08	50,91	2034,59	2,30	0,74	1,52	4042,75	1,99	-	-	95	5
3	51,54	51,95	51,75	2101,87	19,83	15,97	17,90	4160,50	1,98	-	70	30	-
4	51,92	51,85	51,89	2113,26	18,15	19,70	18,93	2531,63	1,20	-	60	40	-
5	51,76	51,72	51,74	2101,47	21,62	19,27	20,45	4376,38	2,08	-	5	95	-
6	52,02	45,57	48,80	1869,05	5,43	1,49	3,46	3061,50	1,64	-	-	90	10
7	51,52	51,66	51,59	2089,30	22,48	22,65	22,57	4435,25	2,12	-	25	75	-
8	52,04	51,69	51,87	2111,63	15,82	13,11	14,47	3081,13	1,46	-	-	100	-
9	51,66	51,74	51,70	2098,22	21,65	18,38	20,02	3709,13	1,77	-	30	70	-
10	51,86	51,70	51,78	2104,72	23,03	19,73	21,38	3552,13	1,69	-	60	40	-
11	51,76	51,91	51,84	2109,19	21,94	18,89	20,42	2963,38	1,40	-	85	15	-
12	51,75	51,89	51,82	2107,97	14,21	17,18	15,70	4768,88	2,26	-	-	100	-
MÉDIA (MPa)										1,78			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,35			
CV (%)										19,42			
UMIDADE (%)										1,834			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 1 - COLA EPOXI)													
ARGAMASSA 1:6 - CURA CONTROLADA													
CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	50,71	51,01	50,86	2030,59	11,24	2,43	6,84	1334,50	0,66	-	-	100	-
2	49,98	50,75	50,37	1991,26	5,51	1,04	3,28	1550,38	0,78	-	-	60	40
3	51,12	50,97	51,05	2045,39	3,39	4,46	3,93	1530,75	0,75	-	-	100	-
4	50,94	51,19	51,07	2046,99	13,83	4,59	9,21	1687,75	0,82	-	-	100	-
5	45,19	51,75	48,47	1844,23	1,60	1,37	1,49	824,25	0,45	-	-	80	20
6	45,64	47,99	46,82	1720,44	6,00	0,38	3,19	1157,88	0,67	-	-	90	10
7	49,32	50,88	50,10	1970,36	5,89	0,62	3,26	1746,63	0,89	-	-	100	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	50,52	51,28	50,90	2033,79	4,51	5,00	4,76	1668,13	0,82	-	-	100	-
10	50,90	50,63	50,77	2023,01	6,15	8,91	7,53	1687,75	0,83	-	-	100	-
11	49,86	50,70	50,28	1984,54	1,84	0,44	1,14	1609,25	0,81	-	-	80	20
12	51,49	51,44	51,47	2079,19	19,00	19,88	19,44	1295,25	0,62	-	95	5	-
MÉDIA (MPa)										0,77			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,10			
CV (%)										12,76			
UMIDADE (%)										1,421			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 1 - COLA EPOXI)													
ARGAMASSA 1:6 - CURA AQUECIDA													
CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	50,27	51,36	50,82	2027,00	22,77	18,51	20,64	863,50	0,43	0,43	-	80	20
2	51,61	51,85	51,73	2100,65	20,46	20,93	20,70	922,38	0,44	0,44	-	95	5
3	52,01	51,33	51,67	2095,78	17,46	4,45	10,96	1530,75	0,73	0,73	-	-	100
4	50,73	50,66	50,70	2017,44	19,52	19,07	19,30	1511,13	0,75	0,75	-	-	100
5	51,28	51,59	51,44	2076,76	14,55	20,16	17,36	1314,88	0,63	0,63	-	10	90
6	51,69	51,98	51,84	2109,19	19,90	16,37	18,14	1589,63	0,75	0,75	-	5	95
7	51,33	51,33	51,33	2068,29	17,91	19,70	18,81	1118,63	0,54	0,54	-	90	10
8	50,89	50,14	50,52	2003,14	2,83	1,85	2,34	1197,13	0,60	0,60	-	-	100
9	51,56	51,56	51,56	2086,87	19,77	19,91	19,84	1314,88	0,63	0,63	-	90	10
10	51,48	51,40	51,44	2077,17	18,79	18,88	18,84	981,25	0,47	0,47	-	60	40
11	51,29	51,37	51,33	2068,29	19,78	16,53	18,16	1393,38	0,67	0,67	-	70	30
12	51,30	51,52	51,41	2074,75	19,45	17,68	18,57	1628,88	0,79	0,79	-	5	95
MÉDIA (MPa)										0,62			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,13			
CV (%)										20,43			
UMIDADE (%)										0,770			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 1 - COLA EPOXI)**ARGAMASSA F1 - CURA CONTROLADA**

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	51,17	51,75	51,46	2078,78	17,45	12,40	14,93	5102,50	2,45	2,45	-	20	80
2	51,89	51,92	51,91	2114,89	18,12	14,04	16,08	1962,50	0,93	0,93	-	15	85
3	50,96	51,79	51,38	2071,92	1,03	0,53	0,78	5475,38	2,64	2,64	-	-	100
4	50,95	51,29	51,12	2051,40	29,51	0,78	15,15	2512,00	1,22	1,22	-	-	100
5	50,92	50,71	50,82	2027,00	4,89	1,32	3,11	1530,75	0,76	0,76	-	-	100
6	50,55	35,98	43,27	1469,41	1,19	0,02	0,61	2041,00	1,39	1,39	-	-	70
7	52,12	51,80	51,96	2119,38	19,15	17,62	18,39	1884,00	0,89	0,89	-	90	10
8	51,81	51,76	51,79	2105,12	19,88	14,16	17,02	1177,50	0,56	0,56	-	80	20
9	51,77	52,00	51,89	2113,26	16,56	21,72	19,14	3689,50	1,75	1,75	-	5	95
10	51,69	51,86	51,78	2104,31	20,25	16,16	18,21	2178,38	1,04	1,04	-	5	95
11	51,61	52,04	51,83	2108,38	22,20	12,36	17,28	2826,00	1,34	1,34	-	10	90
12	51,62	51,86	51,74	2101,47	19,64	17,73	18,69	2453,13	1,17	1,17	-	95	5
MÉDIA (MPa)										1,34			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,68			
CV (%)										50,41			
UMIDADE (%)										4,278			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 1 - COLA EPOXI/RESINA ESTRUTURAL)**ARGAMASSA F1 - CURA AQUECIDA**

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	51,86	51,82	51,84	2109,60	14,00	18,93	16,47	1452,25	0,69	-	-	100	-
2	51,87	51,86	51,87	2111,63	1,28	0,38	0,83	4611,88	2,18	-	-	95	5
3	50,52	51,09	50,81	2026,20	3,49	0,02	1,76	4592,25	2,27	-	-	100	-
4	51,28	51,85	51,57	2087,28	19,11	14,75	16,93	2060,63	0,99	-	-	100	-
5	51,89	51,80	51,85	2110,00	20,42	16,05	18,24	3512,88	1,66	-	-	100	-
6	51,78	51,73	51,76	2102,69	1,11	1,53	1,32	3493,25	1,66	-	-	100	-
7	51,82	52,05	51,94	2117,34	19,58	14,07	16,83	4337,13	2,05	-	-	100	-
8	51,14	51,49	51,32	2067,08	0,99	1,78	1,39	5082,88	2,46	-	-	100	-
9	51,84	51,92	51,88	2112,85	19,37	15,27	17,32	2983,00	1,41	-	-	100	-
10	51,33	50,86	51,10	2049,40	1,63	0,59	1,11	4729,63	2,31	-	-	100	-
11	43,55	49,48	46,52	1698,46	2,46	0,80	1,63	2610,13	1,54	-	-	90	10
12	51,88	52,13	52,01	2123,05	19,34	14,47	16,91	1157,88	0,55	-	-	100	-
MÉDIA (MPa)										1,60			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,69			
CV (%)										42,82			
UMIDADE (%)										2,740			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 1 - COLA EPOXI/RESINA ESTRUTURAL)													
ARGAMASSA F2 - CURA CONTROLADA													
CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	50,69	50,89	50,79	2025,00	20,35	12,7	16,53	3748,38	1,85	-	5	95	-
2	51,36	49,3	50,33	1988,49	0,76	0,17	0,47	6476,25	3,26	-	-	100	-
3	45,29	44,48	44,885	1581,51	1,64	0,08	0,86	4749,25	3,00	-	-	90	10
4	51,79	51,06	51,425	2075,96	19,18	11,03	15,11	6240,75	3,01	-	-	100	-
5	51,3	51,74	51,52	2083,63	17,11	9,12	13,12	6476,25	3,11	-	-	100	-
6	51,74	51,97	51,855	2110,82	9,81	18,49	14,15	4415,63	2,09	-	-	100	-
7	52,61	52,67	52,64	2175,21	18,86	15	16,93	2158,75	0,99	-	50	50	-
8	51,5	51,42	51,46	2078,78	21,21	12,28	16,75	5338,00	2,57	-	5	95	-
9	50,11	47,99	49,05	1888,63	2,05	0,39	1,22	5946,38	3,15	-	5	95	-
10	51,8	51,59	51,695	2097,81	19,27	12,26	15,77	4278,25	2,04	-	-	100	-
11	50,73	51,16	50,945	2037,38	11,54	6,4	8,97	4474,50	2,20	-	-	100	-
12	51,72	51,77	51,745	2101,87	18,45	10,02	14,24	5553,88	2,64	-	5	95	-
MÉDIA (MPa)										2,59			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,52			
CV (%)										20,15			
UMIDADE (%)										0,564			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 1 - COLA EPÓXI/RESINA ESTRUTURAL)													
ARGAMASSA F2 - CURA AQUECIDA													
CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	51,51	51,78	51,645	2093,76	18,62	9,32	13,97	6476,25	3,09	-	-	100	-
4	51,75	52,18	51,965	2119,78	20,15	9,91	15,03	6299,63	2,97	-	-	100	-
5	50,46	50,97	50,715	2019,03	0,7	0,06	0,38	6476,25	3,21	-	-	100	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	50,25	46,89	48,57	1851,85	1,4	2,37	1,89	2472,75	1,34	-	-	100	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	46,15	50,35	48,25	1827,53	3,23	0,07	1,65	2119,50	1,16	-	-	90	10
10	52,4	52,08	52,24	2142,28	20,39	11,3	15,85	6358,50	2,97	-	5	95	-
11	50,34	50,07	50,205	1978,63	0,3	0,25	0,28	6476,25	3,27	-	-	100	-
12	51,74	50,75	51,245	2061,45	3,6	1,37	2,49	4258,63	2,07	-	-	100	-
MÉDIA (MPa)										2,61			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,74			
CV (%)										28,55			
UMIDADE (%)										0,360			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 1 - COLA EPOXI/RESINA ESTRUTURAL)													
ARGAMASSA F3 - CURA CONTROLADA													
CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	52,25	52,12	52,19	2137,77	22,75	22,78	22,77	-	(descolou)	-	100	-	-
2	51,89	50,82	51,36	2070,31	21,49	22,20	21,85	-	(descolou)	-	100	-	-
3	52,23	51,89	52,06	2127,54	22,34	22,22	22,28	-	(descolou)	-	100	-	-
4	48,72	48,08	48,40	1838,91	17,98	21,93	19,96	1118,63	0,61	-	95	5	-
5	51,60	51,95	51,78	2104,31	22,95	22,29	22,62	-	(descolou)	-	100	-	-
6	48,77	48,85	48,81	1870,20	21,52	21,83	21,68	-	(descolou)	-	100	-	-
7	51,82	51,83	51,83	2108,38	21,36	16,94	19,15	4513,75	2,14	-	90	10	-
8	51,96	51,88	51,92	2116,11	21,74	21,33	21,54	3081,13	1,46	-	95	5	-
9	51,70	51,77	51,74	2101,06	21,78	16,51	19,15	4199,75	2,00	-	70	30	-
10	24,36	49,86	37,11	1081,06	1,05	0,06	0,56	4140,88	3,83	-	-	40	60
11	51,87	51,88	51,88	2112,45	21,91	18,32	20,12	3885,75	1,84	-	90	10	-
12	51,96	52,18	52,07	2128,36	21,66	21,80	21,73	2374,63	1,12	-	100	-	-
MÉDIA (MPa)										1,53			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,59			
CV (%)										38,37			
UMIDADE (%)										1,932			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 1 - COLA EPOXI/RESINA ESTRUTURAL)													
ARGAMASSA F3 - CURA AQUECIDA													
CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	51,50	51,07	51,29	2064,67	21,02	22,03	21,53	2276,50	1,10	-	95	5	-
2	51,94	51,92	51,93	2116,93	20,84	21,67	21,26	549,50	0,26	-	100	-	-
3	52,05	52,07	52,06	2127,54	20,16	18,91	19,54	4729,63	2,22	-	90	10	-
4	51,95	51,99	51,97	2120,19	21,80	19,88	20,84	2551,25	1,20	-	95	5	-
5	52,70	52,40	52,55	2167,78	20,51	17,78	19,15	2865,25	1,32	-	95	5	-
6	51,87	52,24	52,06	2127,13	21,68	20,94	21,31	451,38	0,21	-	100	-	-
7	51,91	51,91	51,91	2115,30	21,78	19,49	20,64	4847,38	2,29	-	95	5	-
8	51,64	51,16	51,40	2073,94	3,93	0,29	2,11	2276,50	1,10	-	100	-	-
9	51,87	51,88	51,88	2112,45	21,63	19,95	20,79	5082,88	2,41	-	95	5	-
10	49,63	51,36	50,50	2001,55	1,64	3,03	2,34	3748,38	1,87	-	-	60	40
11	51,98	51,95	51,97	2119,78	20,78	18,44	19,61	4062,38	1,92	-	95	5	-
12	51,91	51,79	51,85	2110,41	3,73	1,99	2,86	4219,38	2,00	-	-	100	-
MÉDIA (MPa)										1,46			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,78			
CV (%)										53,19			
UMIDADE (%)										0,951			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 2 - RESINA ESTRUTURAL)

ARGAMASSA 1:3 - CURA CONTROLADA

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	49,19	19,38	34,29	922,74	21,23	20,71	20,97	3669,88	3,98	-	90	10	-
2	48,83	48,78	48,81	1869,81	19,32	16,95	18,14	5730,50	3,06	-	20	80	-
3	49,25	49,30	49,28	1906,00	22,16	17,66	19,91	2178,38	1,14	-	70	30	-
4	49,35	49,22	49,29	1906,77	19,77	20,56	20,17	3257,75	1,71	-	10	80	-
5	49,38	49,42	49,40	1915,68	18,65	20,08	19,37	2335,38	1,22	-	95	5	-
6	49,21	49,44	49,33	1909,87	21,93	20,68	21,31	3983,88	2,09	-	80	20	-
7	49,25	49,29	49,27	1905,61	19,90	21,97	20,94	3846,50	2,02	-	30	70	-
8	49,16	49,21	49,19	1899,04	19,88	14,33	17,11	4906,25	2,58	-	55	45	-
9	49,06	49,04	49,05	1888,63	21,07	16,22	18,65	2178,38	1,15	-	60	40	-
10	49,22	49,24	49,23	1902,52	19,93	17,99	18,96	2492,38	1,31	-	80	20	-
11	49,25	49,07	49,16	1897,11	20,57	15,31	17,94	5181,00	2,73	-	40	60	-
12	49,16	49,03	49,10	1892,10	20,48	17,47	18,98	3238,13	1,71	-	50	50	-
MÉDIA (MPa)										1,88			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,68			
CV (%)										35,89			
UMIDADE (%)										1,651			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 2 - RESINA ESTRUTURAL)

ARGAMASSA 1:3 - CURA AQUECIDA

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	49,66	49,28	49,47	1921,12	22,73	18,79	20,76	4062,38	2,11	-	90	10	-
2	49,31	49,23	49,27	1905,61	21,65	17,95	19,80	3650,25	1,92	-	80	20	-
3	49,25	49,24	49,25	1903,68	20,91	16,79	18,85	215,88	0,11	-	90	10	-
4	49,31	49,24	49,28	1906,00	22,47	17,46	19,97	4984,75	2,62	-	50	50	-
5	49,43	49,32	49,38	1913,74	20,31	15,50	17,91	3925,00	2,05	-	90	10	-
6	49,11	49,18	49,15	1895,96	20,58	17,76	19,17	1452,25	0,77	-	40	60	-
7	49,47	49,18	49,33	1909,87	22,33	22,23	22,28	2963,38	1,55	-	100	-	-
8	49,40	49,41	49,41	1916,07	21,77	19,41	20,59	3650,25	1,91	-	95	5	-
9	49,69	49,26	49,48	1921,50	22,44	10,61	16,53	1707,38	0,89	-	70	30	-
10	49,50	49,26	49,38	1914,13	21,71	20,00	20,86	2747,50	1,44	-	70	30	-
11	49,24	49,45	49,35	1911,42	20,54	17,55	19,05	3552,13	1,86	-	75	25	-
12	49,18	49,17	49,18	1898,27	23,65	20,37	22,01	3591,38	1,89	-	100	-	-
MÉDIA (MPa)										1,71			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,54			
CV (%)										31,48			
UMIDADE (%)										1,776			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 2 - RESINA ESTRUTURAL)**ARGAMASSA 1:6 - CURA CONTROLADA**

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	49,05	49,00	49,03	1886,71	27,77	18,49	23,13	1000,88	0,53	-	90	10	-
2	49,81	48,93	49,37	1913,36	5,14	1,93	3,54	2139,13	1,12	-	-	100	-
3	48,73	49,25	48,99	1884,02	18,80	11,34	15,07	1275,63	0,68	-	-	100	-
4	49,12	48,94	49,03	1887,09	18,85	16,94	17,90	1275,63	0,68	-	5	95	-
5	47,16	47,88	47,52	1772,65	19,18	14,24	16,71	1295,25	0,73	-	5	95	-
6	48,93	48,81	48,87	1874,80	16,79	19,59	18,19	1393,38	0,74	-	60	40	-
7	48,97	48,77	48,87	1874,80	19,19	17,00	18,10	1727,00	0,92	-	5	95	-
8	50,30	49,25	49,78	1944,88	6,27	1,58	3,93	2021,38	1,04	-	-	100	-
9	48,44	49,15	48,80	1869,05	18,38	15,51	16,95	1609,25	0,86	-	80	20	-
10	49,19	49,03	49,11	1893,26	19,12	15,16	17,14	1354,13	0,72	-	5	95	-
11	49,22	48,89	49,06	1889,02	19,13	14,20	16,67	2355,00	1,25	-	-	100	-
12	49,11	49,17	49,14	1895,57	19,51	17,89	18,70	1000,88	0,53	-	95	5	-
MÉDIA (MPa)										0,82			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,23			
CV (%)										27,81			
UMIDADE (%)										0,633			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 2 - RESINA ESTRUTURAL)**ARGAMASSA 1:6 - CURA AQUECIDA**

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	48,86	48,94	48,90	1877,10	21,13	16,59	18,86	942,00	0,50	-	20	80	-
2	48,21	48,06	48,14	1818,83	4,11	0,85	2,48	1197,13	0,66	-	-	100	-
3	49,07	48,85	48,96	1881,71	20,73	17,90	19,32	1530,75	0,81	-	30	60	-
4	48,92	48,69	48,81	1869,81	21,39	17,02	19,21	726,13	0,39	-	90	10	-
5	48,55	48,70	48,63	1856,05	8,73	0,49	4,61	1118,63	0,60	-	-	100	-
6	48,90	48,75	48,83	1871,35	5,16	0,93	3,05	1491,50	0,80	-	-	100	-
7	49,05	49,00	49,03	1886,71	18,32	11,95	15,14	863,50	0,46	-	-	100	-
8	49,43	49,46	49,45	1919,17	18,14	14,42	16,28	1373,75	0,72	-	40	60	-
9	49,54	48,93	49,24	1902,91	18,43	10,03	14,23	1471,88	0,77	-	-	100	-
10	48,91	48,92	48,92	1878,25	19,33	10,54	14,94	1511,13	0,80	-	40	60	-
11	49,18	49,09	49,14	1895,18	18,04	12,06	15,05	1982,13	1,05	-	-	100	-
12	49,35	49,28	49,32	1909,10	5,57	1,73	3,65	1118,63	0,59	-	-	100	-
MÉDIA (MPa)										0,68			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,18			
CV (%)										27,11			
UMIDADE (%)										0,430			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 2 - RESINA ESTRUTURAL)

ARGAMASSA F1 - CURA CONTROLADA

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	49,19	49,33	49,26	1904,84	16,00	19,01	17,51	3100,75	1,63	-	95	5	-
2	49,39	49,41	49,40	1915,68	18,50	14,69	16,60	4023,13	2,10	-	-	100	-
3	49,51	49,27	49,39	1914,91	20,00	18,43	19,22	1020,50	0,53	-	100	-	-
4	49,60	49,77	49,69	1937,85	15,15	19,25	17,20	2845,63	1,47	-	90	10	-
5	49,26	49,38	49,32	1909,48	14,32	19,02	16,67	6437,00	3,37	-	5	95	-
6	49,25	49,30	49,28	1906,00	20,68	16,53	18,61	2492,38	1,31	-	95	5	-
7	49,27	49,26	49,27	1905,23	20,84	20,52	20,68	1707,38	0,90	-	100	-	-
8	48,42	48,76	48,59	1853,38	0,68	1,80	1,24	5082,88	2,74	-	-	100	-
9	49,28	49,12	49,20	1900,20	21,39	20,62	21,01	1923,25	1,01	-	100	-	-
10	49,67	49,29	49,48	1921,89	21,96	20,30	21,13	961,63	0,50	-	100	-	-
11	49,18	49,37	49,28	1906,00	20,34	21,65	21,00	2904,50	1,52	-	5	95	-
12	49,45	49,12	49,29	1906,77	19,72	19,91	19,82	1942,88	1,02	-	100	-	-
MÉDIA (MPa)										1,34			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,67			
CV (%)										49,77			
UMIDADE (%)										3,787			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 2 - RESINA ESTRUTURAL)

ARGAMASSA F1 - CURA AQUECIDA

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	49,65	49,22	49,44	1918,40	20,57	15,86	18,22	5848,25	3,05	-	30	70	-
2	49,39	48,61	49,00	1884,79	1,76	0,19	0,98	5495,00	2,92	-	-	100	-
3	49,53	49,41	49,47	1921,12	1,53	0,78	1,16	5239,88	2,73	-	-	100	-
4	49,34	49,38	49,36	1912,58	14,88	20,61	17,75	6142,63	3,21	-	10	90	-
5	49,32	49,35	49,34	1910,64	16,91	20,86	18,89	5769,75	3,02	-	5	95	-
6	49,39	49,73	49,56	1928,11	21,74	16,33	19,04	5220,25	2,71	-	-	100	-
7	49,25	48,90	49,08	1890,56	1,28	0,40	0,84	5122,13	2,71	-	-	100	-
8	49,27	49,18	49,23	1902,13	19,68	16,47	18,08	4768,88	2,51	-	5	95	-
9	49,32	49,42	49,37	1913,36	22,73	19,00	20,87	2806,38	1,47	-	60	40	-
10	49,27	49,39	49,33	1910,26	15,56	20,73	18,15	5161,38	2,70	-	80	20	-
11	49,33	49,58	49,46	1919,95	14,62	20,07	17,35	5436,13	2,83	-	70	30	-
12	49,32	49,36	49,34	1911,03	20,34	17,69	19,02	4611,88	2,41	-	90	10	-
MÉDIA (MPa)										2,80			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,24			
CV (%)										8,46			
UMIDADE (%)										2,354			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 2 - RESINA ESTRUTURAL)

ARGAMASSA F2 - CURA CONTROLADA

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	48,02	49,64	48,83	1871,73	0,43	0,12	0,28	5946,38	3,18	-	-	90	10
2	49,59	49,52	49,56	1927,72	12,15	18,21	15,18	6338,88	3,29	-	-	100	-
3	49,78	49,48	49,63	1933,56	21,99	13,30	17,65	5926,75	3,07	10	-	90	-
4	49,70	49,15	49,43	1917,62	0,47	0,68	0,58	5043,63	2,63	-	-	100	-
5	50,24	43,77	47,01	1734,43	0,48	1,16	0,82	5004,38	2,89	-	-	90	10
6	40,60	49,59	45,10	1596,34	22,44	15,62	19,03	4199,75	2,63	10	-	90	-
7	49,56	49,74	49,65	1935,12	14,86	20,70	17,78	5455,75	2,82	-	-	100	-
8	49,71	49,58	49,65	1934,73	22,11	13,12	17,62	5534,25	2,86	-	-	100	-
9	49,67	49,71	49,69	1938,24	20,86	12,51	16,69	5553,88	2,87	-	-	100	-
10	49,73	49,80	49,77	1944,10	22,43	15,09	18,76	5455,75	2,81	-	-	100	-
11	49,48	49,52	49,50	1923,45	20,98	15,64	18,31	5691,25	2,96	-	-	100	-
12	49,60	49,73	49,67	1936,29	13,79	21,66	17,73	5063,25	2,61	-	-	100	-
MÉDIA (MPa)										2,81			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,16			
CV (%)										5,57			
UMIDADE (%)										0,261			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 2 - RESINA ESTRUTURAL)







ARGAMASSA F2 - CURA AQUECIDA

CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	49,53	49,68	49,61	1931,61	20,83	13,99	17,41	3630,63	1,88	-	5	95	-
2	49,42	49,52	49,47	1921,12	21,03	12,49	16,76	5396,88	2,81	-	-	100	-
3	49,42	50,01	49,72	1940,19	12,67	20,61	16,64	5514,63	2,84	-	5	95	-
4	49,51	49,42	49,47	1920,73	21,41	15,48	18,45	3787,63	1,97	-	15	85	-
5	49,49	50,11	49,80	1946,83	21,42	13,05	17,24	4180,13	2,15	-	5	95	-
6	49,47	49,40	49,44	1918,40	20,62	14,08	17,35	5181,00	2,70	-	-	100	-
7	49,41	49,39	49,40	1915,68	20,75	12,81	16,78	5730,50	2,99	5	-	95	-
8	49,80	49,41	49,61	1931,61	20,43	13,09	16,76	5730,50	2,97	-	5	95	-
9	49,45	49,34	49,40	1915,29	20,26	15,33	17,80	1648,50	0,86	-	5	95	-
10	49,56	49,75	49,66	1935,51	19,87	12,98	16,43	4808,13	2,48	-	5	95	-
11	49,41	49,33	49,37	1913,36	21,78	13,74	17,76	5789,38	3,03	-	-	100	-
12	49,39	49,74	49,57	1928,50	13,97	21,06	17,52	5671,63	2,94	-	5	95	-
MÉDIA (MPa)										2,61			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,43			
CV (%)										16,35			
UMIDADE (%)										0,178			






RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 2 - RESINA ESTRUTURAL)													
ARGAMASSA F3 - CURA CONTROLADA													
CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	49,44	49,29	49,37	1912,97	23,89	22,09	22,99	-	(descolou)	-	-	-	-
2	49,66	49,51	49,59	1930,06	23,15	21,96	22,56	-	(descolou)	-	-	-	-
3	49,32	49,25	49,29	1906,77	21,36	21,88	21,62	686,88	0,36	-	100	-	-
4	49,38	49,29	49,34	1910,64	21,26	21,44	21,35	451,38	0,24	-	100	-	-
5	49,45	49,35	49,40	1915,68	21,53	21,05	21,29	726,13	0,38	-	100	-	-
6	49,30	39,31	44,31	1540,90	19,52	20,70	20,11	1687,75	1,10	-	95	5	-
7	49,47	49,34	49,41	1916,07	22,31	16,19	19,25	4886,63	2,55	-	70	30	-
8	44,72	48,80	46,76	1716,40	1,00	0,40	0,70	3571,75	2,08	-	-	90	10
9	49,16	49,15	49,16	1896,73	20,81	20,73	20,77	2708,25	1,43	-	100	-	-
10	49,46	49,37	49,42	1916,85	21,50	19,37	20,44	4454,88	2,32	-	95	5	-
11	49,52	49,32	49,42	1917,23	14,58	21,58	18,08	5377,25	2,80	-	30	70	-
12	49,34	49,16	49,25	1904,07	21,26	22,17	21,72	2492,38	1,31	-	100	-	-
MÉDIA (MPa)										1,39			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,98			
CV (%)										70,84			
UMIDADE (%)										0,654			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (ENSAIO 2 - RESINA ESTRUTURAL)													
ARGAMASSA F3 - CURA AQUECIDA													
CP	d1 (mm)	d2 (mm)	d médio (mm)	Área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	h média	Carga de ruptura (N)	Tensão ruptura (MPa)	Forma de ruptura (%)			
										Sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola
1	49,27	49,30	49,29	1906,77	20,63	21,13	20,88	3022,25	1,59	-	90	10	-
2	49,63	49,86	49,75	1942,53	18,37	13,42	15,90	3826,88	1,97	-	-	100	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	49,39	49,51	49,45	1919,56	17,17	21,25	19,21	3395,13	1,77	-	90	10	-
5	49,50	49,31	49,41	1916,07	20,97	15,25	18,11	5122,13	2,67	-	20	80	-
6	49,39	49,53	49,46	1920,34	20,43	20,41	20,42	255,13	0,13	-	-	100	-
7	49,46	49,49	49,48	1921,50	20,28	18,62	19,45	4710,00	2,45	-	90	10	-
8	49,26	49,16	49,21	1900,97	21,69	17,20	19,45	5318,38	2,80	-	70	30	-
9	49,59	49,57	49,58	1929,67	21,07	18,50	19,79	4317,50	2,24	-	90	10	-
10	49,35	49,48	49,42	1916,85	18,05	21,53	19,79	4729,63	2,47	-	95	5	-
11	49,37	49,32	49,35	1911,42	17,32	21,45	19,39	5338,00	2,79	-	80	20	-
12	49,13	49,25	49,19	1899,43	22,00	18,23	20,12	4611,88	2,43	-	90	10	-
MÉDIA (MPa)										2,32			
DESVIO PADRÃO (MPa)										0,42			
CV (%)										18,20			
UMIDADE (%)										0,534			





**APÊNDICE D - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DAS ARGAMASSAS
AUTONIVELANTES (> 0,15 mm)**

ARGAMASSA F1			
Abertura das peneiras / Média retida			
4,75mm / 0%	2,36mm / 0%	1,18mm / 11%	0,6mm / 7%
-----	-----		
0,3mm / 4%	0,15mm / 32% *	0,075mm / 19%	< 0,075mm / 27%
			

*granulometria < 0,15mm: analisada à laser.

ARGAMASSA F2			
Abertura das peneiras / Média retida			
4,75mm / 0%	2,36mm / 0%	1,18mm / 0%	0,6mm / 0%
-----	-----	-----	
m / 17%	0,15mm / 18% *	0,075mm / 27%	< 0,075mm / 38%
			

*granulometria < 0,15mm: analisada à laser.

ARGAMASSA F3			
Abertura das peneiras / Média retida			
4,75mm / 0%	2,36mm / 0%	1,18mm / 0%	0,6mm / 0%
-----	-----	-----	
,3mm / 18%	0,15mm / 20% *	0,075mm / 16%	< 0,075mm / 45%
			

*granulometria < 0,15mm: analisada à laser.