

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LEONARDO PIFFERO SPOHR**

**CONTROLE DE PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
ANÁLISE DE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS PERDAS  
POR MAKING-DO**

Porto Alegre

2017

## CIP - Catalogação na Publicação

Spohr, Leonardo Piffero

Controle de perdas na construção civil: análise de causas e consequências das perdas por making-do / Leonardo Piffero Spohr. -- 2017.

80 f.

Orientador: Eduardo Luis Isatto.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Engenharia Civil. 2. Planejamento e Controle de Produção. 3. Making-do. 4. Análise de Redes. I. Isatto, Eduardo Luis, orient. II. Título.

**LEONARDO PIFFERO SPOHR**

**CONTROLE DE PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
ANÁLISE DE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS PERDAS  
POR MAKING-DO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luis Isatto**

**Porto Alegre  
2017**

**LEONARDO PIFFERO SPOHR**

**CONTROLE DE PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
ANÁLISE DE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS PERDAS  
POR MAKING-DO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador.

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2017

**Eduardo Luis Isatto**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Eduardo Luis Isatto**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Luciani Somensi Lorenzi**  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Fabio da Costa Correa**  
Engenheiro pela Universidade Federal de Pelota



Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio e incentivo constantes durante a graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Eduardo Luis Isatto por ter me orientado na elaboração deste trabalho e pela paciência e dedicação em me auxiliar e compartilhar seus conhecimentos.

Agradeço à UFRGS por me proporcionar este ambiente enriquecedor, o qual foi essencial para o meu desenvolvimento pessoal.

Agradeço ao meu pai, Paulo Alexandre Spohr, e minha mãe, Maria Eliete Piffero, pelo apoio incondicional e por terem me dado as condições necessárias para eu pudesse seguir minha caminhada.

Agradeço ao meu irmão, Alexandre Piffero Spohr, por ser meu exemplo de dedicação e por me mostrar que a perseverança recompensa.

Agradeço às minhas segundas famílias, Saleti, Lia, Ronaldo (in memoriam), Nailê, Carlos, Pedro e Manuella, pelo carinho e pela atenção ao longo dos anos.

Agradeço aos meus amigos, Heinz, Juliano e Marcelo, por terem compreensão em relação às minhas ausências nos últimos meses e pela amizade inabalável de anos.

Agradeço aos meus amigos, Anays, Caetano, Elisa, Fernanda, Guilherme Masuero, Guilherme Rocha, Juliana, Laura Andreis, Marina, Pâmela, Patrícia, Tiago e Vinícius, pelos momentos únicos que me proporcionaram durante a faculdade, vocês tornaram essa jornada muito mais prazerosa.

Por fim agradeço à Mariana, sem a qual este trabalho não teria a forma que tem hoje e cuja companhia me incentiva a dar sempre o melhor de mim.

Quando você elimina o impossível, o que  
restar, não importa quão improvável, deve ser  
a verdade.

*Sir Arthur Conan Doyle*

## RESUMO

SPOHR, L.P. **Controle de perdas na construção civil: Análise de causas e consequências das perdas por making-do.** Trabalho de diplomação, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

A constante busca pela eficiência e a atual crise pela qual a economia passa, aumentam a pressão pela redução de custos na construção civil, tornando imprescindível o estudo de perdas da produção no canteiro de obras. Este trabalho procura contribuir para o entendimento da improvisação na linha de produção e das perdas relacionadas a ela, em especial a perda por *making-do*. Neste sentido buscou-se analisar as causas e consequências deste tipo de perda, bem como se dá a relação entre elas. O trabalho foi realizado a partir do estudo de caso conduzido em um empreendimento hospitalar na cidade de Porto Alegre/RS. Foram relacionados os serviços nos quais puderam ser constatadas perdas por *making-do*. Por meio da compilação de uma base de dados, foram geradas redes de interação entre suas causas e consequências, utilizando-se o método de análise de redes sociais. A partir destas redes, foi possível estabelecer quais são as principais relações causais do sistema, assim como analisar quais são origens e efeitos da improvisação nos diferentes serviços. Ao final do estudo foi possível constatar-se que há causa e consequências que são mais frequentes e cuja atuação é relativamente mais relevante. Assim como que os diferentes grupos de atividades analisados possuem redes de interação distintas, nas quais diferentes causas e consequências tem protagonismo.

**Palavras-chave:** Perdas. Improvisação. *Making-do*. Planejamento e controle da produção. Análise de redes sociais.

## ABSTRACT

SPOHR, L.P. **Waste control in civil construction: Analysis of causes and consequences of making-do type of waste.** Graduation Paper, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

The constant search for efficiency and the current crisis, through which the economy passes, increase the pressure for reducing costs in civil construction, making it essential to study the production losses at the construction site. This study tries to contribute to the understanding of the improvisation in the production line and the wastes related to it, especially that of the *making-do* category of waste. In this sense, it was sought to analyze the causes and consequences of this type of waste, as well as the relation between them. The research was carried out from a case study conducted at a hospital project in the city of Porto Alegre/RS. The services in which wastes by *making-do* were observed were verified and, through the compilation of a database, interaction networks between its causes and consequences were generated, using the method of social networks analysis. Based on these networks, it was possible to establish what could be considered the system's main causal relation, as well as analyze which were the origins and effect of improvisation in the different services. At the end of the study, it was possible to verify that there are causes consequences that are more relevant e whose performance is more relatively more relevant. As well as that, the different services analyzed have distinct interaction network, in which different causes and consequences are protagonists.

**Keywords:** Waste. Improvisation. *Making-do*. Production control. Production planning. Social network analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão tradicional do processo de produção .....	20
Figura 2 - Produção como processo de fluxo .....	20
Figura 3 - Pré-requisitos de um serviço da construção .....	27
Figura 4 - Método de identificação de perdas proposto por Sommer (2010).....	28
Figura 5 - Proteção da produção .....	36
Figura 6 - Processo de formação de serviços do sistema Last Planner .....	38
Figura 7 – Identificação da obra de estudo de caso .....	41
Figura 8 - Corte esquemático do Anexo I .....	41
Figura 9 - Fachada oeste do Anexo I .....	42
Figura 10 - Corte esquemático do Anexo II .....	42
Figura 11 - Fachada noroeste do Anexo II.....	43
Figura 12 – Exemplo de grafo direcionado .....	47
Figura 13 - Rede de interação de causas e consequências .....	50
Figura 14 – Relações da causa “Condições Externas Desfavoráveis” .....	52
Figura 15 – Relações da causa “Falta Informação” .....	54
Figura 16 – Rede de interação entre causas e grupos de atividades .....	57
Figura 17 – Rede de interação entre consequências e grupos de atividades .....	59
Figura 18 – Rede de interação das instalações prediais .....	62
Figura 19 – Rede de interação da estrutura de concreto .....	64
Figura 20 – Rede de interação das vedações .....	67
Figura 21 – Rede de interação dos revestimentos.....	69
Figura 22 – Rede de interação da segurança do trabalho .....	70
Figura 23 – Rede de interação do armazenamento de materiais .....	72

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Escopo dos grupos de atividades.....	45
Tabela 2 – Excerto da tabela utilizada para agrupamento dos dados.....	46
Tabela 3 – Análise estatística dos nós.....	51

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. DIRETRIZES DA PESQUISA.....	17
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	17
2.2 OBJETIVOS DE PESQUISA.....	17
<b>2.2.1 Objetivo principal .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2 Objetivos secundários .....</b>	<b>17</b>
2.3 PROPOSIÇÃO.....	17
2.4 LIMITAÇÕES .....	18
2.6 JUSTIFICATIVA.....	18
3 LEAN CONSTRUCTION.....	19
3.1. PERDAS.....	22
3.2. MAKING-DO .....	24
<b>3.2.1 Making-do e perdas .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2.2 Causas e conseqüências das perdas por making-do.....</b>	<b>28</b>
4. PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO .....	30
4.1 CICLO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO.....	30
4.2 SISTEMA <i>LAST PLANNER</i> .....	31
4.3 NÍVEIS HIERÁRQUICOS DE PLANEJAMENTO.....	32
<b>4.3.1 Planejamento de longo prazo .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3.2 Planejamento de médio prazo .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3.3 Planejamento de curto prazo .....</b>	<b>37</b>
4.4 PACOTES DE TRABALHO .....	37
5. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ANÁLISE DAS REDES SOCIAIS (SOCIAL NETWORK ANALYSIS – SNA).....	39
5.1 MODELAGEM DOS DADOS COLETADOS.....	39
5.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO EMPREENDIMENTO .....	39
5.3 COLETA DE DADOS .....	44
5.4 ANÁLISE DE REDES.....	47
6. ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE SERVIÇOS, CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DE <i>MAKING-DO</i> .....	49
6.1 RELAÇÃO ENTRE POSSÍVEIS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS.....	50
6.2 RELAÇÃO ENTRE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS E OS GRUPOS DE ATIVIDADES .....	56
<b>6.2.1 Interação entre causas e grupos de atividades .....</b>	<b>56</b>
<b>6.2.2 Interação entre conseqüências e grupos de atividades.....</b>	<b>59</b>

6.3 RELAÇÃO ENTRE POSSÍVEIS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DENTRO DOS GRUPOS DE ATIVIDADES.....	61
<b>6.3.1 Instalações prediais .....</b>	<b>61</b>
<b>6.3.2 Estrutura de concreto.....</b>	<b>64</b>
<b>6.3.3 Vedações .....</b>	<b>66</b>
<b>6.3.4 Revestimentos .....</b>	<b>68</b>
<b>6.3.5 Segurança do trabalho .....</b>	<b>70</b>
<b>6.3.6 Armazenamento de materiais .....</b>	<b>71</b>
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	75
REFERÊNCIAS.....	77

# 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção no Brasil reconhecidamente atravessa um período de crise. Soma-se a isso a crescente necessidade de gestão eficiente dos custos e processos das empresas da área para se manterem economicamente viáveis em um mercado cada vez mais competitivo. Além disso, a construção civil historicamente apresenta divergências entre os custos previstos e os medidos durante a execução de seus produtos. Tais diferenças podem ser atribuídas a diferentes fatores, como alteração dos projetos ao longo da consecução das obras, altos índices de perdas e desperdícios ainda presentes na indústria, alteração do escopo, incertezas na etapa de orçamentação. Ademais, tem-se ainda o entendimento de que o setor ainda enfrenta problemas de baixa produtividade, falhas de qualidade e condições inadequadas de trabalho.

Neste trabalho se dará enfoque a um problema bastante comum na indústria da construção, o controle de perdas, as quais representam uma porcentagem relativamente grande dos custos de produção (FORMOSO et. al., 2017). Este conceito foi introduzido pelos trabalhos seminais de Ohno (1988) e Shingo (1989) para descrever ineficiências no processos de produção, e que devem ser utilizadas como foco de melhoramento.

Desde a descrição inicial de sete perdas da produção feita por Ohno (1988) - superprodução, espera, transporte, perdas durante o processamento, estoque, movimentação e confecção de produtos defeituosos, as quais, como pode-se perceber, não estão limitadas aos recursos disponíveis - foram propostas outras categorias de perdas, como acidentes, fabricação de produtos que não atendem às demandas do cliente, investimento desnecessário de capital, roubo e vandalismo (FORMOSO et. al., 2017). Dentre as inúmeras classificações de perdas disponíveis na literatura, este trabalho focará na categoria de perda proposta por Koskela (2004), *making-do*, a qual é caracterizada pela diminuição da produtividade quando um serviço é iniciado ou continuado sem que todos os recursos necessários para a sua realização estejam disponíveis.

Neste contexto de dificuldades de mitigação das perdas, o processo de planejamento e controle de produção (PCP) torna-se de fundamental importância para que a indústria da construção atinja níveis de eficiência mais elevados. Pode-se destacar então o papel do Sistema *Last Planner* (BALLARD, 2000) de controle de produção como ferramenta que possibilita aumentar a confiabilidade do planejamento e proteger a produção de incertezas. Estas melhorias são possíveis por meio da análise de restrições de serviços proposta pelo método, a

qual deverá ser realizada principalmente durante a etapa de planejamento de médio prazo (também denominado *look-ahead*) (BALLARD, 2000). Entretanto, conforme relatado por Sommer (2010), ainda encontram-se dificuldades por parte das empresas na implementação desta metodologia. Segundo a autora, serviços essenciais para a gestão da produção são afetados, como fornecimento de materiais, entrega de projetos, logística do canteiro, entre outros.

Neste trabalho, foi realizado um estudo de caso na obra de ampliação de um complexo hospitalar na cidade de Porto Alegre/RS. Nele buscou-se identificar as possíveis causas e consequências das perdas por *making-do* propostas por Sommer (2010) e Fireman (2012) em serviços realizados no canteiro de obra. Com base nestes dados, foi realizada uma análise de redes, por se entender que esta é uma forma bastante eficaz de se representar a relação entre diferentes atores e como é a sua interação (OTTE; ROUSSEAU, 2012).

O primeiro capítulo do trabalho introduz o tema proposto. O segundo apresenta as diretrizes da pesquisa. O terceiro discorre a respeito dos conceitos de *Lean Construction*, das perdas na construção e do *making-do*. O quarto capítulo define conceitos do planejamento e controle da produção e seus níveis hierárquicos e introduz o Sistema *Last Planner*. O quinto conceitua a análise de redes e explica suas principais características. O sexto capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado, assim como o empreendimento estudado. O sétimo analisa os dados levantados na obra estudada a respeito das perdas por *making-do*. O oitavo e último capítulo trata das conclusões finais do trabalho.

## **2. DIRETRIZES DA PESQUISA**

A elaboração deste trabalho foi realizada por meio das diretrizes de pesquisa, as quais contemplam: questão da pesquisa, objetivos principais e secundários, premissa, delimitações e limitações, e que estão descritos a seguir.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa deste trabalho é: como as ocorrências de *making-do* se relacionam com os serviços executados, suas causa e consequências?

### **2.2 OBJETIVOS DE PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa são divididos em dois grupos, objetivo principal e objetivo secundário, os quais são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal do trabalho é analisar a relação entre as ocorrências de *making-do*, os serviços executados, suas causa e suas consequências.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são relacionar as causas e consequências deste tipo de perda na construção e analisar como acontecem essas relações.

### **2.3 PROPOSIÇÃO**

A proposição deste trabalho é de que parte das serviços realizados no canteiro de obras não apresenta todos os inputs necessários para a sua correta execução, o que acaba acarretando a realização de improvisações pela linha de produção, que por sua vez podem impactar negativamente a qualidade dos processos do canteiro. Supõem-se que há correlação entre as diferentes causas e consequências das perdas por *making-do* e entre estas e os serviços executados na indústria da construção.

## 2.4 LIMITAÇÕES

As limitações do trabalho são expostas abaixo:

- a) Os dados foram coletados de apenas uma obra de ampliação hospitalar de uma empresa;
- b) A análise documental compreendeu o período de um ano da obra, entre 01/07/16 e 30/06/17;
- c) Os dados do trabalho foram coletados a partir da análise de um número limitado de serviços no canteiro de obras.

## 2.6 JUSTIFICATIVA

O estudo das perdas, conforme relatado anteriormente, torna-se imprescindível no atual cenário de retração da construção civil brasileira. A situação é agravada pela já questionada eficiência do setor, dada a sua defasagem em relação a outras indústrias que vêm apresentando aumentos na produtividade e qualidade, acompanhado por redução de perdas e melhoria nas condições de trabalho (Koskela, 1992). Ainda neste âmbito, o estudo das causas das perdas por *making-do*, as quais, conforme destacado por Formoso et. al. (2017), tende a ser bastante alto nos canteiros de obra, torna-se bastante importante. Além disso, conforme os referidos autores, poucos estudos são encontrados na literatura acerca desta categoria de perda, sendo assim necessário investigar-se a natureza do *making-do*, bem como suas causas e consequências.

Ademais, conforme salientado por Sommer (2010), diversos autores vêm destacando a falta de planejamento uma das principais causas para a ocorrência de perdas na construção. Logo, para que este processo possa ser melhorado, são necessários também trabalhos que investiguem as causas destas ocorrências.

Portanto, este trabalho busca dar prosseguimento aos trabalhos realizados por Sommer (2010), Fireman (2012), Formoso et. al. (2017), por meio do estudo das causas e consequências das perdas por *making-do* propostas por eles.

### 3 LEAN CONSTRUCTION

A partir da metade da década de 1970, um novo método de gestão de produção vem substituindo o modelo tradicional de produção em massa (LEVINE; LUCK, 1994). O cenário de incerteza econômica do Japão pós-guerra levou empresas do país a questionar o modelo de produção em massa, instigando-as a adotarem práticas que proporcionassem uma produção com melhor velocidade, qualidade e preço (LEVINE; LUCK, 1994).

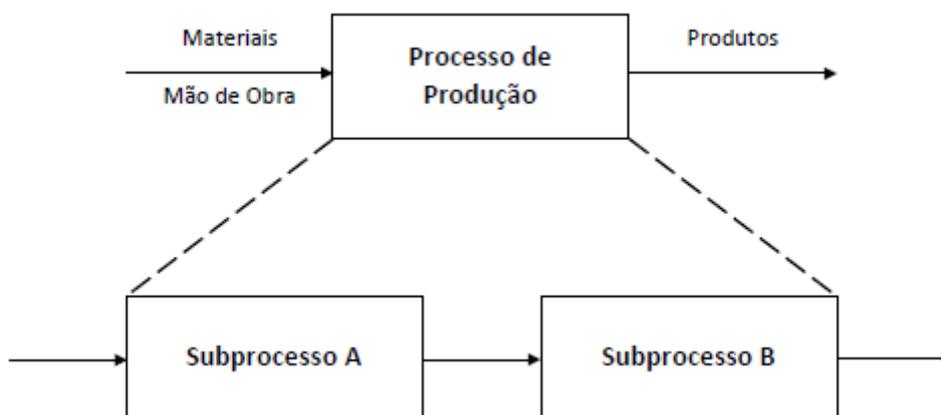
Diversos conceitos e técnicas foram estabelecidos e relacionados a este novo paradigma - como o Just-in-Time, Total Quality Control, dentre outros – porém é difícil delimitar cada um, uma vez que eles estão em constante mudança e muitas vezes suas abordagens se sobrepõem (KOSKELA, 1992). Contudo, uma denominação ganhou destaque nos meios acadêmico e profissional, a Produção Enxuta, cunhada originalmente por Womack et. al. (1992) no livro “A Máquina que Mudou o Mundo”. Segundo os autores, esta forma de produção tem como objetivo a eliminação de qualquer trabalho desnecessário para a produção de um bem ou serviço, ou seja, torna-se “enxuta” por utilizar menores quantidades de todos os recursos – tempo, materiais, espaço, investimentos, mão de obra, estoques – na produção quando comparada à produção em massa. A este trabalho desnecessário atribui-se o nome de perda, as quais, para Koskela (1992), na indústria da construção, abrangem ainda as serviços que não agregam valor ao produto.

Nesse contexto, Koskela (1992) propôs a aplicação deste novo paradigma à gestão da produção na construção civil, argumentando que seria uma promessa de melhorias e até a solução de problemas crônicos do setor. Ainda de acordo com o autor, a aplicação destes conceitos na indústria da construção deveria ser de interesse tanto da academia quanto do mercado. Nessa conjuntura, foi fundado em 1993 o *International Group for Lean Construction* (IGLC), rede internacional de pesquisadores profissionais e acadêmicos dos ramos da arquitetura, engenharia e construção (AEC) que se propõe a renovar a indústria para responder às desafios atuais do setor (INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 2017).

A partir do desenvolvimento dos conceitos de *Lean Construction*, passa-se a questionar os princípios da filosofia do sistema tradicional de produção, os quais, segundo Koskela (1992), consideram os serviços de construção como sendo primordialmente de transformação de matérias primas e mão de obra em um produto final, ou seja, como sendo conjuntos de conversões (Figura 1). Esses, por sua vez, seriam controlados um a um em busca do menor

custo e cuja produtividade seria aumentada periodicamente com a introdução de novas tecnologias. Nessa visão, o custo final de um empreendimento estaria associado ao custo das matérias primas e da mão de obra (KOSKELA, 1992).

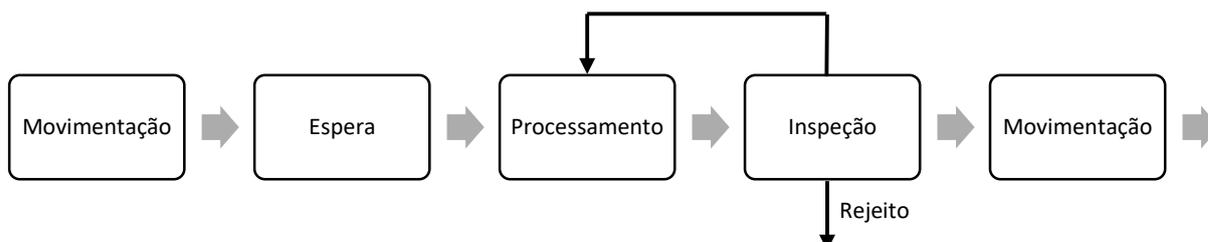
**Figura 1 - Visão tradicional do processo de produção**



**Fonte: adaptado de Koskela (1992)**

Entretanto, com o surgimento dos princípios de *Lean Construction*, a produção passa a ser concebida como sendo o fluxo de materiais e informação (KOSKELA, 1992). Esses, em contraste ao modelo tradicional, seriam controlados de acordo com sua variabilidade e tempo de duração, podendo desta forma ser aperfeiçoadas tanto continuamente em relação a custos e perdas quanto periodicamente, com o surgimento de novas tecnologias. Este fluxo seria formado por serviços de transporte, espera, processamento (conversão), e inspeção, os quais estão contidos implicitamente nos planos de trabalho, o que dificultaria sua percepção e consequentemente a gestão da produção (ISATTO et. al. 2000). Este novo conceito de produção está ilustrado na figura 2 abaixo.

**Figura 2 - Produção como processo de fluxo**



**Fonte: adaptado de Koskela (1992)**

Segundo Isatto et. al. (2000), à medida que os processos se tornaram mais complexos e os mercados mais competitivos, o modelo de conversão passou a não mais representar adequadamente o sistema de produção. Contudo, os autores salientam que o modelo tradicional, apesar dos defeitos mencionados, não está necessariamente errado, podendo ainda ser empregados em sistemas de produção mais simples, centrados em apenas um processo.

Além dos conceitos já apresentados anteriormente, Koskela (1992) ainda apresenta outros princípios que foram sendo desenvolvidos seguindo esta nova filosofia de produção:

- a) Reduzir a parcela de serviços que não geram valor;
- b) Aumentar valor do produto por meio da sistemática consideração das exigências do cliente;
- c) Redução da variabilidade;
- d) Reduzir tempo de ciclo;
- e) Simplificar minimizando o número de etapas e partes;
- f) Aumentar a flexibilidade da produção;
- g) Aumentar a transparência do processo;
- h) Focar o controle no processo como um todo;
- i) Acrescentar melhoras contínuas ao processo;
- j) Balancear melhorias no fluxo e nas serviços de conversão;
- k) Realizar benchmark.

Conforme destaca Isatto et. al. (2000), os princípios têm forte interação, devendo ser aplicados conjuntamente na gestão de processos. Ainda, pode-se dizer que estes definem implicitamente os problemas dos processos, como por exemplo, complexidade, transparência (KOSKELA, 1992). Dando-se ênfase à indústria da construção civil, Viana et. al. (2012) identificaram que há três diferentes tipos de conceitos de perdas tratados na literatura:

- a) Realização de serviços que não agregam valor;

- b) Perda de materiais;
- c) Tipos específicos de perdas, como retrabalho.

### 3.1. PERDAS

O conceito de perdas é utilizado no contexto da produção desde o início do século XX e trata-se de um dos pilares do Sistema Toyota de Produção (STP) e seus derivados, tais como o *Lean Construction* (KOSKELA et. al., 2012). Apesar da importância deste tema, os autores salientam que ele não é um conceito predominante na literatura tradicional de economia, gerenciamento de operações e gerenciamento da construção.

Ao longo do tempo, foram propostas na literatura diferentes definições para o termo perda. No STP, define-se perdas como a busca pela redução dos custos da produção por meio da eliminação de elementos que não agregam valor ao produto acabado (OHNO, 1997). Seguindo esta lógica, na indústria da construção, bem como os princípios da *Lean Construction*, uma caracterização mais ampla foi adotada: perda é comumente definida como o uso de recursos que não agrega valor pela perspectiva do cliente (KOSKELA, 2000). Contudo, o mesmo autor afirma que nem todas estes serviços devem ser eliminados, pois podem gerar valor para clientes internos, como, por exemplo, serviços de planejamento, controle e prevenção de acidentes. No caso da eliminação de alguns destes sem a avaliação de seu impacto, outros serviços que não agregam valor podem ser gerados na linha de produção (KOSKELA, 2000).

Segundo Ohno (1997), a eliminação de desperdícios é fundamental para o aumento da eficiência da linha de produção. Contudo, para ser possível eliminá-los, primeiramente é necessário identificá-los, os quais foram divididos pelo autor nas seguintes categorias:

- a) Perda de superprodução: custos relacionados à produção acima em excesso, ou seja, quando esta é maior que a demanda. Também é observada quando itens são produzidos antes do período programado. Considerada por Ohno (1997) como sendo a mais danosa, por ajudar a ocultar outros desperdícios;
- b) Perda de espera: relacionado à falta de sincronia e balanceamento do processo produtivo, falha de máquinas, atraso na entrega de insumos, e demais causas de espera por parte de máquinas e mão de obra (SHINGO, 1989);

- c) Perda em transporte: é consequência do transporte de materiais, que não agrega valor ao produto, e portanto poderia ser eliminada aperfeiçoando-se o *layout* dos processos;
- d) Perda do processamento em si: referente a serviços realizados durante o processo, mas que não agregam valor ao produto, podendo ser removidos sem alteração das características do mesmo;
- e) Perda de estoque: causada pela formação desnecessária de estoques de materiais, produtos e materiais em processamento;
- f) Perda de movimentação: refere-se à movimentação excessiva do trabalhador do seu posto de trabalho;
- g) Perda de fabricação de produtos defeituosos: originada pela produção de produtos que não atendem às especificações de qualidade.

Em complemento a essas categorias, Shingo (1989) aponta ainda outras duas possíveis perdas da produção: trabalho em progresso e retrabalho. Estas duas categorias adicionais são de grande relevância para este trabalho, pois estas podem ser indicativas da presença tanto de pacotes informais de trabalho, quanto de perdas por *making-do*, outra forma de perda, enfoque deste trabalho e que será abordada mais detalhadamente na seção a seguir.

Ressalta-se ainda que, desde a introdução das categorias descritas anteriormente, outras formas de perdas foram propostas na literatura. No entanto, conforme abordado por Formoso et. al. (2017), pode-se argumentar que o principal papel das classificações de perdas existentes é chamar a atenção dos envolvidos para os problemas com ocorrência mais provável em determinada situação.

Apesar dos benefícios gerados pela redução de perdas, Soibelmann (1993) adverte que este processo deve avaliar a existência de um nível de perdas que só poderá ser reduzido por meio de mudanças significativas no nível de desenvolvimento da empresa. Desta forma, o autor divide as perdas em dois grupos:

- a) Perdas inevitáveis: chamadas também de perdas naturais, são aquelas cujos níveis de investimento para sua redução superam a economia gerada;

- b) Perdas evitáveis: correspondem às perdas cujos custos são maiores do que os de mitigação.

Finalmente, conforme exposto por Koskela (2000), segundo conceito de fluxos incorporado pela *Lean Construction*, é essencial que, para a redução do *lead time* e da variabilidade dos processos, as perdas sejam eliminadas da produção. Além disso, apesar da impossibilidade de se medir sistematicamente todas as perdas presentes na construção, estas correspondem a uma porcentagem relativamente alta dos custos de produção (FORMOSO et. al., 2017).

### 3.2. MAKING-DO

A categoria de perda denominada *making-do*, que tem origem do termo *to make-do* (seguir em frente sem os recursos disponíveis, em inglês), foi proposto por Koskela (2004) como a oitava categoria de perda a se somar às sete perdas da lista proposta por Ohno (1997) e atualmente é destacada como uma importante categoria de perda na indústria da construção (FORMOSO et. al., 2017). Este tipo de perda se refere a uma situação em que um serviço é iniciado sem que todos os *inputs* padrão estejam disponíveis, ou ainda a quando um serviço é continuado mesmo após a interrupção do fornecimento de algum *input* (KOSKELA, 2004). O termo *input* é composto não só por materiais, mas também por todos os outros recursos necessários para a consecução de um serviço como, maquinário, ferramentas, mão de obra, condições externas, projetos. Esta proposição de *inputs* baseia-se parcialmente na ideia do *kit* completo, inicialmente abordada por Ronen (1992).

O conceito do *kit* completo (KC) foi inicialmente proposto em Ronen (1992) como um prática de gerenciamento de operações segundo a qual um serviço não deverá ser iniciado até que todos os recursos necessários para a sua conclusão estejam disponíveis. Os elementos que constituiriam um *kit*, conforme esclarece Ronen (1992), seriam materiais, ferramentas, projetos e informações. Segundo o autor, iniciar um serviço com um *kit* incompleto levaria a mais horas de trabalho pra finalizá-lo, *lead time* mais longos, maior volume de trabalho em progresso, piora da qualidade e dos prazos de entrega.

Ainda em Ronen (1992), o autor enfatiza que o *kit* completo não é necessariamente composto por todos os componentes para a execução do produto até o final de seu processo. Portanto, o KC pode ser dividido em dois tipos, um de entrada e um de saída, o qual corresponde ao KC de entrada de uma etapa subsequente (RONEN, 1992).

Apesar dos visíveis benefícios obtidos pela aplicação deste conceito, são destacados em Ronen (1992) alguns obstáculos na sua utilização:

- a) Síndrome da eficiência, que é descrita como impulso de se utilizar os recursos o tanto quanto possível, originário da noção de que trabalhadores e equipamentos não devem nunca estar ociosos;
- b) Pressão por resposta imediata, quando o cliente exerce pressão para que o seu pedido seja atendido, mesmo que o kit para tal não esteja completo;
- c) Inquietude para mostrar boa vontade, como resultado da pressão da gerência, trabalhadores e encarregados liberam trabalhos, mesmo que estes não tenham seus kits completos, para mostrar disposição;
- d) Informação equivocada dos materiais necessários durante o planejamento, partindo-se do pressuposto que o lead time da produção é longo, chega-se à conclusão equivocada de que quanto antes um serviço for iniciado, melhor.

Por fim Ronen (1992) argumenta pela utilização do kit completo como uma ferramenta de controle e planejamento, visto que o conceito força a gerência a realizar um melhor planejamento dos serviços, bem como dos componentes de cada uma delas. Desta forma, muitas definições derivariam dos KC, como definição dos serviços, tamanho dos lotes, especificação de ferramentas. Em termos de controle de processos, o conceito permitiria que processos pudessem ser controlados em um estágio inicial, propiciando que medidas corretivas sejam tomadas mais cedo (RONEN, 1992). Contudo, apesar dos benefícios apontados, o autor destaca que a utilização deste conceito requer uma estrutura formal para ser implementado, dada a pressão existente para se executar trabalhos com kits incompletos, tanto por parte de gerentes quanto de clientes.

### **3.2.1 *Making-do* e perdas**

O *making-do* pode ser considerado o contraponto às perdas por espera, visto que, neste caso, os materiais aguardam processamento, já no outro, os serviços são realizados sem a presença de todos os recursos, ou seja, o tempo de espera pode ser considerado como sendo negativo (KOSKELA, 2004). Destaca-se no entanto que, em ambos os casos, as perdas têm o mesmo

objetivo, acomodar os impactos da variabilidade da linha de produção, sendo o *making-do* utilizado para manter-se as equipes de produção sempre ativas (KOSKELA, 2004).

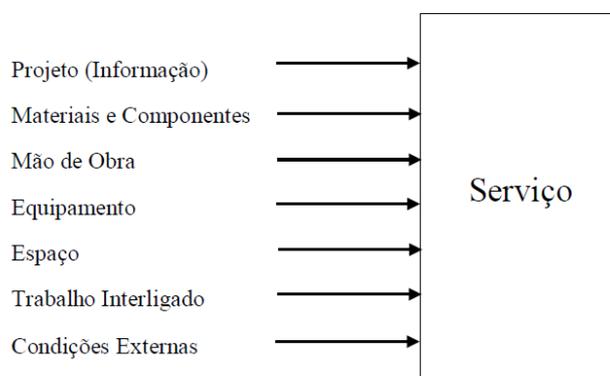
Este conceito vai ao encontro da sugestão de Koskela (2000), de que o trabalho em condições não adequadas pode ser considerada uma das principais perdas da construção, sendo esta causada pela interferência entre serviços e pela ausência de pré-requisitos para a execução dos mesmos. Koskela (2004) considera ainda que o aumento da variabilidade causado pelo *making-do* pode causar a elevação da quantidade de trabalho em progresso, assim como aumentar a parcela de serviços que não agregam valor e a complexidade do sistema de controle. Somam-se a estas consequências a redução da produtividade, diminuição da segurança e da motivação do trabalhador, piora da qualidade dos serviços e retrabalho. Destaca-se ainda, conforme observado por Sommer (2010), a perda de materiais como uma das principais consequências geradas pelas perdas por *making-do*.

Em consonância ao defendido por Ronen (1992), Koskela (2004) atribui a presença do *making-do* a algumas características da forma tradicional de gestão da construção civil:

- a) Síndrome da eficiência, tipicamente a gestão foca na taxa de utilização de recursos como métrica de desempenho, indicando um foco em serviços de transformação, negligenciando-se contudo que a mão de obra ou equipamentos podem estar realizando serviços que não agregam valor;
- b) A adoção predominante de sistemas do tipo empurrado. Desta forma, os recursos são empurrados de acordo com o plano de ação das equipes, presumindo-se que, com todos os recursos disponíveis, os serviços possam ser iniciados. Contudo, assim é negligenciada a variabilidade dos fluxos e da execução dos serviços, o que pode resultar em que estes sejam realizados mesmo com recursos disponíveis em condições não ótimas;
- c) Predomínio de um canal unidirecional de comunicação, supõe-se que os serviços que foram planejados serão executados a partir de somente uma notificação de início de serviços.

Nos seus estudos, Koskela (2000) sugere que há sete pré-requisitos (fluxos), necessários para a realização de serviços na construção civil (Figura 3). Segundo o autor, o grau de incertezas de cada uma dessas variáveis contribui para o grau de incertezas intrínseco à execução do serviço.

**Figura 3 - Pré-requisitos de um serviço da construção**



**Fonte: adaptado de Koskela (2000)**

Finalmente, conforme apontado por Sommer (2010), após revisão de seus bancos de dados, são definidas categorias deste tipo de perda, as quais são descritas abaixo:

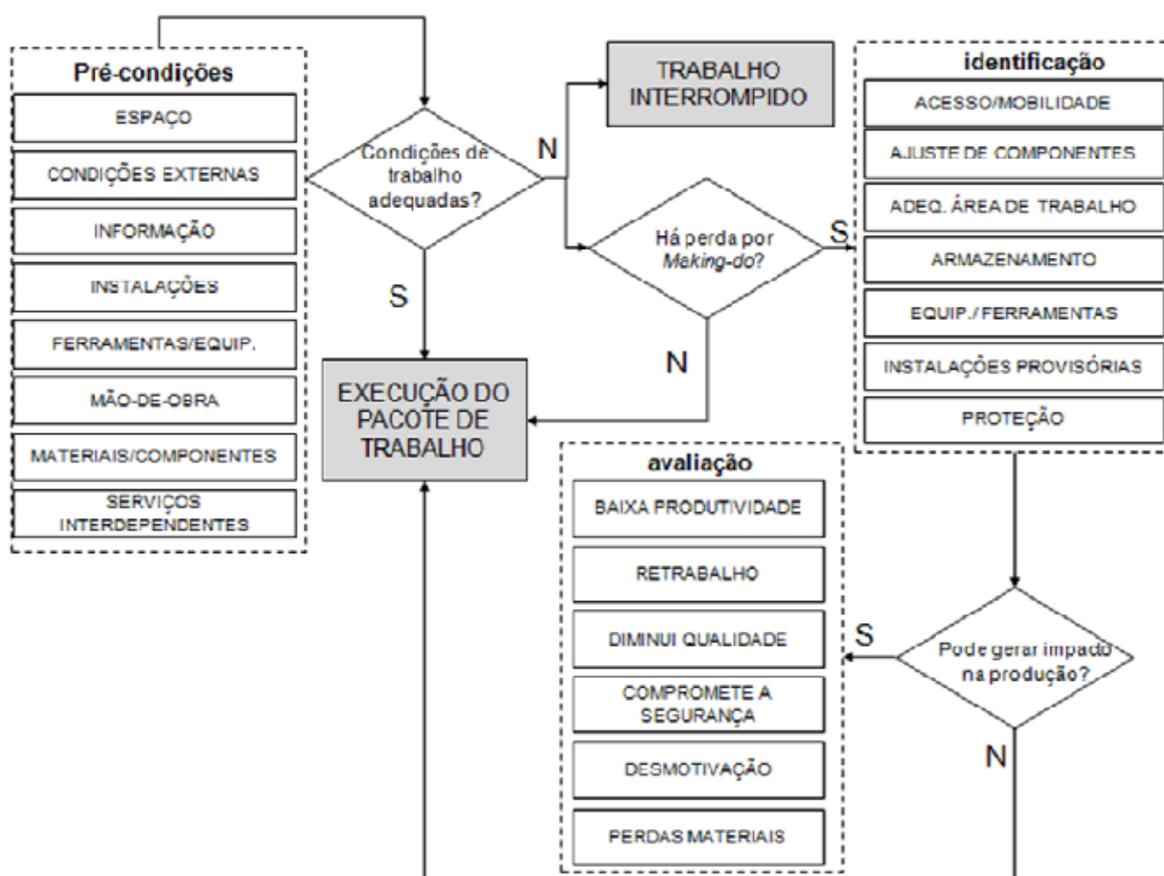
- a) Acesso/Mobilidade: Diz respeito ao espaço físico, meio ou forma de quem executa o serviço;
- b) Ajustes de componentes: Adaptação de componentes inadequados à execução de um serviço;
- c) Área de trabalho: Relativo à área de apoio durante os serviços;
- d) Armazenamento: Referente à organização de materiais e componentes em locais não adequados;
- e) Equipamentos/ferramentas: Refere-se à criação ou adaptação de utensílios durante os serviços;
- f) Instalações provisórias: Criação ou adaptação de instalações de energia, água, para os serviços;
- g) Proteção: Utilização de sistemas de proteção.

Complementando as categorias propostas por Sommer (2010), Fireman (2012) acrescentou a forma de perda por sequenciamento, a qual se refere à alteração da ordem de produção de determinado processo.

### 3.2.2 Causas e consequências das perdas por *making-do*

Sommer (2010) propõe um método de identificação de perdas por *making-do*, o qual se baseia na identificação das pré-condições necessárias para a realização adequada de um serviço, das possíveis perdas por *making-do*, e posterior avaliação dos impactos das perdas no processo produtivo (Figura 4). Os critérios utilizados pelo método baseiam-se em parte na proposição por Koskela (2000) dos sete fluxos da produção, o conceito de estabilidade básica proposto por Smalley (2005) e no conceito de kit completo de Ronen (1992). Às sete primeiras pré-condições sugeridas por Koskela (2000), a autora acresceu o item de instalações provisórias, sugerindo que estas apresentam bastantes interdependências com diversos serviços do canteiro de obras.

**Figura 4 - Método de identificação de perdas proposto por Sommer (2010)**



**Fonte: retirado de Sommer (2010)**

Desta forma, tomando-se como base o método proposto, pode-se dividir as possíveis causas para as perdas por *making-do* a falhas na disponibilidade ou estado das pré-condições apresentadas na figura acima e detalhados abaixo, conforme proposto por Sommer (2010):

- a) Informação: Projetos, planos, estudos e procedimentos que fornecem a informação necessária para a execução dos pacotes de trabalho não estão disponíveis, não são claros, estão incompletos ou são desconhecidos;
- b) Materiais e componentes: Não são previstos, disponíveis ou adequados à realização do serviço com qualidade, quantidade e dentro das especificações de projeto e normas;
- c) Mão de obra: Não está disponível em número que atenda aos planos, pouco qualificada ou não foi treinada
- d) Equipamentos ou ferramentas: Indisponíveis, não funcionam ou não são adequados aos serviços;
- e) Espaço: Não há acesso à área de trabalho, circulação ou armazenamento de materiais;
- f) Serviços interdependentes: Serviços com alta interdependência comprometem a execução dos serviços subsequentes;
- g) Condições externas: Vento, chuva ou temperaturas extremas;
- h) Instalações: Instalações provisórias não atendem às necessidades para execução dos pacotes de trabalho, entre elas, instalações elétricas e hidráulicas provisórias.

Analogamente, as consequências desta categoria de perda podem ser divididas, conforme proposto por Sommer (2010) e posteriormente complementado por Fireman (2012) em:

- a) Baixa produtividade;
- b) Retrabalho;
- c) Diminuição da qualidade;
- d) Redução da segurança;
- e) Desmotivação;
- f) Perda de materiais;
- g) Falta de terminalidade.

#### 4. PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

Neste capítulo, serão apresentados conceitos que fundamentam o sistema de planejamento e controle de produção e então será apresentado o sistema *Last Planner* (SLP), o qual se baseia nos novos paradigmas da produção observados por Koskela (1992). Será dado enfoque no SLP por ele ser considerado como tendo papel importante na redução das perdas por *making-do*.

##### 4.1 CICLO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

Ao longo do tempo, a atividade de planejamento na indústria da construção foi descrita de diversas formas, sendo estas por vezes complementares. Segundo Ballard e Howell (1998), planejar poderia ser considerado a atividade de produzir orçamentos, cronogramas e outras especificações detalhadas nos passos que serão tomados e restrições que deverão ser obedecidas na execução de projetos. Complementarmente, para Formoso (2001), o planejamento pode ser descrito como “um processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo eficaz quando realizado em conjunto com controle”. Ainda para Laufer e Tucker (1987), o planejamento tem três funções principais, ajudar a gerência no direcionamento e controle da produção, coordenar e comunicar-se com os diversos envolvidos na realização do projeto e viabilizar o controle e previsão dos processos.

Uma vez tendo-se iniciado a produção, a gerência dedica-se ao controle, ou seja, ao monitoramento da performance em comparação às especificações do planejamento, adotando as medidas corretivas necessárias quando necessárias para atendê-las (BALLARD; HOWELL, 1998). Também é salientado pelos autores que o controle deve ser realizado em tempo real, agindo diretamente na realização dos processos de produção. Adicionalmente, o controle de produção, consiste em agregar planejamento da produção, coordenação dos materiais, controle da carga de trabalho, liberação da ordem de trabalho, e controle das unidades de produção (BERTRAND et. al., 1990 apud BALLARD, 1998).

Para Laufer e Tucker (1987), controlar envolve medir e avaliar o desempenho, assim como realizar ações corretivas quando o desempenho diverge do planejado. Complementarmente, o planejamento e o controle da produção estão indissociavelmente relacionadas, formando um ciclo contínuo de controle e planejamento (DERMER, 1977; HARRISON, 1981 apud LAUFER; TUCKER, 1987).

Destaca-se ainda que, apesar de serem atividades distintas, o ciclo de planejamento e controle se repete várias vezes durante a execução de um empreendimento, tomando-se por base as definições do ciclo anterior (ISATTO et. al., 2000). Para os autores, o planejamento e o controle da produção devem ser implementados conjuntamente em uma empresa para se obter resultados mais eficientes.

Por fim, ressalta-se que, conforme descrito por Diekmann e Thrush (1986 apud BALLARD, 2000), sem a tomada de ações corretivas, o controle de produção se torna meramente um sistema para reportar a relação custo/cronograma do empreendimento”.

#### 4.2 SISTEMA *LAST PLANNER*

O sistema de controle de produção denominado *Last Planner System* foi proposto inicialmente por Greg Ballard (BALLARD, 2000) e atualmente encontra-se em uso em diversos países. O método foi proposto como uma forma de commitment planning, em tradução aproximada planejamento por comprometimento, na qual o responsável ou responsáveis (*last planner*, ‘último planejador’) por determinado serviço avalia que etapas poderão ser realizadas no período, geralmente uma semana, e se compromete a executá-la (BALLARD, 2000). O sistema pode ser caracterizado como um conjunto dos princípios que guiam planejamento e ação, das funções que ele permite que sejam realizadas e das ferramentas e métodos que possibilitam o uso destes princípios e a utilização destas ferramentas (BALLARD et. al., 2009). Segundo os autores, os princípios são os seguintes:

- a) Planejar em maior detalhe à medida que vai se chegando mais próximo à execução do serviço;
- b) Produzir planos em colaboração àqueles que realizaram o serviço;
- c) Mapear e eliminar restrições em serviços planejados em equipe;
- d) Fazer e assegurar promessas confiáveis;
- e) Aprender a partir de falhas.

Para a adequada utilização do sistema *Last Planner*, o Lean Construction Institute recomenda a utilização de técnicas de produção puxada para o desenvolvimento de cronogramas de cada etapa de trabalho, desde o design até a execução (BALLARD; HOWELL, 2003). A metodologia de uma produção puxada consiste em se trabalhar regressivamente da data de término estipulada, sequenciando-se assim os serviços de forma que a conclusão de um permita

o início da outro (BALLARD; HOWELL, 2003). Este processo também é comumente chamado de *Reverse Phase Scheduling*, ou seja, planejar as fases do produto em ordem inversa, do fim pra o começo.

Conforme afirmam Ballard (1997), o *Last Planner* é o primeiro passo para a estabilização da produção, visto que, por meio dele, é possível aumentar-se a confiabilidade da execução de serviços no curto prazo, através da criação de uma janela de confiabilidade, e estabilizar o fluxo de recursos por meio do planejamento e controle no nível do médio prazo. Segundo o autor, é neste nível que as restrições e necessidades para a realização dos serviços são identificadas e solucionadas, tema que será abordado mais detalhadamente na seção 4.3.2 deste trabalho.

Por fim, conforme já discorrido brevemente no parágrafo anterior, outro conceito empregado pelo LPS é o de hierarquização do planejamento da produção em diferentes níveis, cada qual contendo detalhamento compatível com o seu horizonte de planejamento (BALLARD, 2000). Desta forma, quando menor o horizonte de planejamento, maior deverá ser o grau de detalhamento, sendo o inverso também válido. Na seção a seguir, serão examinados os diferentes níveis de planejamento de um empreendimento.

#### 4.3 NÍVEIS HIERÁRQUICOS DE PLANEJAMENTO

A divisão do planejamento da obra em diferentes níveis hierárquicos é necessária, pois, à exceção de serviços bastante simples, os serviços da indústria da construção demandam planejamento e controle em diferentes períodos durante a vida do empreendimento, por diferentes pessoas dentro de sua estrutura e em diferentes locais de sua abrangência (BALLARD, 2000). Adicionalmente, segundo Formoso et. al. (2001), o nível de detalhamento adequado para o planejamento depende do grau de incerteza envolvido. Ainda conforme os autores, não convém realizar-se antecipadamente um planejamento detalhado para empreendimentos em que a incerteza seja elevada.

Ademais, de acordo com Formoso et. al. (2001), devido à complexidade inerente a empreendimentos da construção civil e à variabilidade de seus processos, há a necessidade de se dividir o planejamento e controle da produção em diferentes níveis hierárquicos. Complementarmente, pode-se de dizer que “a hierarquização do planejamento é uma das

principais formas de proteger a produção dos efeitos nocivos da incerteza e variabilidade” (ISATTO et al 200).

Segundo Formoso et. al. (2001), o planejamento pode ser dividido de forma resumida em três diferentes níveis hierárquicos, sendo eles:

- a) Estratégico: diz respeito à definição dos objetivos do empreendimento e envolve o estabelecimento de algumas estratégias para atingir os objetivos do empreendimento;
- b) Tático: envolve a seleção e aquisição dos recursos necessários para atingir os objetivos do empreendimento, como por exemplo tecnologia e materiais, e a elaboração de um plano geral para a utilização destes recursos;
- c) Operacional: refere-se à definição detalhada dos serviços que serão realizados, seus recursos e momento de execução;

Paralelamente, Isatto et. al. (2000) propõem uma maneira análoga para a divisão dos níveis hierárquicos de planejamento, também em três grandes grupos:

- d) Longo prazo: o planejamento em caráter tático relativo à toda etapa de produção. Por meio dele são definidos a data de entrega da obra e seus marcos chave;
- e) Médio prazo: também em caráter tático, serve como elo de ligação entre os planejamentos de curto e longo prazo. Pode ser caracterizado como um planejamento móvel, isto é, seu horizonte de planejamento é maior do que a periodicidade do replanejamento;
- f) Curto prazo: diz respeito ao detalhamento dos serviços que serão realizados, seus recursos e momento de execução;

Nas próximas seções, a caracterização dos diferentes níveis hierárquicos será aprofundada, para em seguida chegar-se à descrição da menor que unidade de trabalho que será abordada, o Pacote de Trabalho.

### **4.3.1 Planejamento de longo prazo**

A maior parte dos projetos da construção emitem um plano-mestre próximo ou no começo da fase de construção, o qual compreende o começo e o fim do projeto (BALLARD, 1997). Visão esta que é compartilhada em Hamzeh et. al. (2011), segundo os quais o planejamento de longo prazo contempla a elaboração de um cronograma que descreva o trabalho que deverá ser realizado por toda a duração do projeto. Os autores, assim como Isatto et. al. (2000), ainda argumentam que tal cronograma de serviços deverá identificar os marcos físicos e suas datas de finalização.

Ainda de acordo com Ballard (1997), apesar de estes planos servirem a muitos propósitos, de coordenação a longo prazo até especificação de pagamentos, eles não conseguem ser precisamente detalhados por causa da falta de informações acerca de durações e entregas efetivas. Sendo portanto desaconselhável tentar detalhá-los mais minuciosamente, pois, segundo Hamzeh et. al. (2011), quanto maior o horizonte de planejamento, maior será a sua imprecisão. É salientado ainda por Laufer (1997 apud BERNARDES, 2001) que o plano mestre deve ser utilizado para facilitar a identificação dos objetivos principais do empreendimento. Ou ainda, em consonância ao já exposto anteriormente, este plano descreve o trabalho que deverá ser executado através de metas gerais (TOMMELEIN; BALLARD, 1997).

Portanto, a maioria dos projetos utilizam alguma forma de planejamento de menor prazo para coordenar e direcionar as diversas equipes e serviços no canteiro (BALLARD, 1997). Desta forma, seguindo as premissas do LPS, os serviços são planejados em maior detalhe à medida que se chega perto de sua execução.

### **4.3.2 Planejamento de médio prazo**

O planejamento de médio prazo, também chamado de lookahead planning, é o nível intermediário da hierarquia do planejamento (BALLARD, 2000). Segundo o autor, esta é a etapa responsável por controlar o fluxo de trabalho e é tipicamente utilizado para se destacar quais serviços deverão ser realizados e conferir a eles o ritmo desejado. Conforme descreve Formoso et. al. (2001) este é o nível hierárquico responsável pela vinculação do planejamento de longo prazo ao de curto prazo. Complementarmente, em Hamzeh et. al. (2011), argumenta-se que esta etapa é fundamental para se produzir serviços que possuam maior probabilidade de serem realizados adequadamente. É também neste ponto que é realizada a análise dos serviços

projetados que serão executados nas próximas semanas para atender ao planejamento de longo prazo (BALLARD, 1997).

Além disso, de acordo com Ballard (1997), o planejamento de médio prazo é comumente utilizado na indústria da construção para focar os esforços da gerência na identificação daquilo que deverá ser realizado no futuro próximo. Ainda segundo o autor, por meio deste, encoraja-se que sejam tomadas atitudes para que as metas estipuladas sejam alcançadas. Neste sentido, esta fase pode ser considerada o primeiro passo para o controle de produção, ou ainda, para a execução do cronograma (HAMZEH et. al. 2011).

A análise dos pré-requisitos dos serviços antes de introduzi-los no plano de curto prazo, parte fundamental desta etapa do planejamento, é uma aplicação clara das técnicas que tornam o sistema *Last Planner* um sistema de produção puxada (BALLARD, 2000). Neste modelo de produção, as ordens de trabalho são liberadas para produção de acordo com o estado do sistema (quantidade de serviços em progresso, qualidade daqueles que estão disponíveis) além dos prazos de entrega (HOPP; SPEARMAN, 1996). Desta forma, o SLP introduz os princípios a produção puxada por meio da sistemática remoção de restrição e consequente liberação de serviços que podem ser executados para a linha de produção (BALLARD, 2000). Pode-se concluir portanto, que, no âmbito da construção civil, a produção puxada se aplica nos clientes internos de cada processo.

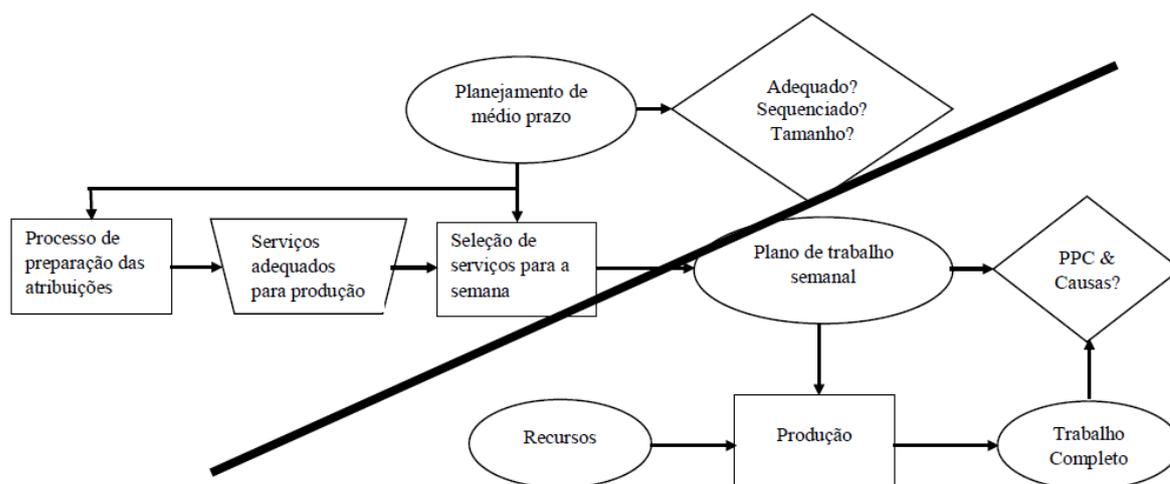
Conforme mencionado anteriormente, a hierarquização do planejamento pode ser utilizada para a proteger a produção de incertezas. Esta tese é compartilhada por Ballard & Howell (1998), segundo os quais, por meio da análise dos serviços formalizados nesta etapa e da combinação dos recursos às frentes de trabalho disponíveis, o planejamento de médio prazo é o início deste processo (Figura 5). Contudo, embora a principal função deste nível seja dar forma e controlar o fluxo de trabalho (BALLARD, 2000), no SLP são agregadas outras funções a ele. Segundo o autor, destacam-se as seguintes:

- a) Estabilizar fluxo de serviços e capacidade de produção;
- b) Decompor plano mestre em pacotes de trabalho e operações;
- c) Desenvolver métodos detalhados para a execução dos serviços decompostos a partir do plano mestre;
- d) Manter relação de serviços cujas restrições já foram removidas e podem ser repassados à linha de produção

e) Atualizar e revisar plano mestre se necessário.

Dentre as funções descritas acima, deve-se dar atenção especial à primeira, visto que compatibilizar a capacidade de produção à quantidade de serviços em um sistema de produção é crítico para manter sua produtividade (BALLARD, 2000).

**Figura 5 - Proteção da produção**



**Fonte: adaptado de Ballard & Howell (1998)**

Entretanto, tradicionalmente o lookahead dificilmente é concebido como tendo o propósito específico de produzir apenas serviços adequados, tampouco os procedimentos para realizá-los (BALLARD, 1997). Segundo o autor, o planejamento de médio prazo é por vezes apenas uma quebra mais detalhada do planejamento de longo prazo, mas sem rastreamento dos serviços programados quanto à qualidade ou outros critérios. Como ferramenta para se mitigar essa deficiência, Ballard e Howell (1998) propõem a adoção do processo de *make-ready* (do inglês, preparar), o qual deverá incluir as ações necessárias para a identificação e remoção de restrições dos serviços que serão realizados no futuro próximo.

Por fim, Ballard (1997) defende ainda que este nível de planejamento é essencial diminuir-se a duração e os custos de um projeto. Paralelamente, a má implementação do lookahead planning resulta em uma discrepância entre os planejamentos de longo e curto prazo, reduzindo a confiabilidade sistema de planejamento (Hamzeh et. al., 2011).

### 4.3.3 Planejamento de curto prazo

O planejamento de curto prazo corresponde ao menor horizonte de planejamento, sendo conseqüentemente o mais detalhado dentre os níveis hierárquicos (HAMZEH et. al. 2011). Este é também considerado pelos autores como sendo o principal responsável por conduzir o processo de produção. Neste nível é que os pacotes de trabalho de curto prazo, também chamados de serviços, são formados, e então atribuídos às equipes de trabalho (BALLARD, 2000). O horizonte de planejamento geralmente compreende o período de uma semana (BALLARD, 1997; ISATTO et. al., 2000).

Esse nível hierárquico é também denominado *commitment planning*, ou seja, planejamento de comprometimento, pois nesta etapa os responsáveis pelos serviços programadas para a semana se comprometem a realizá-los no prazo (BALLARD; HOWELL, 1998). Desta forma, tenta-se fazer com que os agentes responsáveis pela execução dos serviços participem ativamente do seu planejamento e controle, reportando caso as metas não sejam alcançadas e, neste caso, ser possível aprender a partir das falhas (BALLARD, 2000).

Segundo Ballard e Howell (1998), esta etapa é fundamental para o processo de proteção da produção. Para os autores, este objetivo é alcançado por meio da escolha de serviços adequados, ou seja, que poderão ser executados dentro do tempo planejado, aumentando assim a confiabilidade do planejamento.

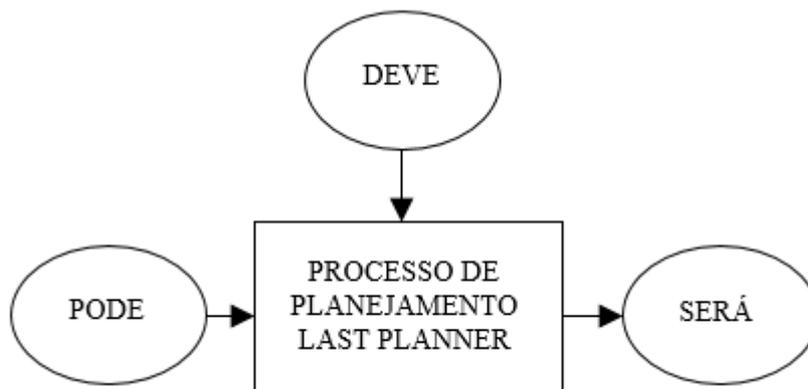
No planejamento de curto prazo também é evidenciada a característica de pull technique do sistema *Last Planner*, pois neste ponto, além de dever-se somente liberar serviços factíveis, estes deverão também ser necessários para a liberação da execução de outros serviços (BALLARD; HOWELL, 2003). Desta forma procura-se manter a lógica de produção e evitar o risco de perdas por superprodução (BALLARD; HOWELL, 2003).

### 4.4 PACOTES DE TRABALHO

Pacotes de trabalho são, de acordo com Ballard (2000), a menor unidade à qual a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) pode ser tradicionalmente decomposta. Esta redução, observa o autor, tem como objetivo dividir o projeto em partes que possam ser monitoradas e controladas. Para tanto, um pacote de trabalho deve conter a ação que será executada, seus responsáveis, o elemento a ser executado, e o local em que se dará o serviço (FORMOSO et. al. 2001).

A fim de se determinar quais pacotes de trabalho serão realizadas, estes deverão ser avaliados por meio de dois aspectos: se eles deveriam ser realizadas e se eles podem ser executadas naquele momento (BALLARD, 2000). Para tanto, devem ser removidas as restrições para a sua realização. Tal condição pode ser exemplificada pela figura 3 abaixo.

**Figura 6 - Processo de formação de serviços do sistema *Last Planner***



**Fonte: adaptado de Ballard (2000)**

Segundo Ballard (2000), para que a avaliação possa ser feita, determinados aspectos de qualidade do serviço devem ser levados em consideração:

- a) O serviço está bem definido, ou seja, deve ser suficientemente descrito de modo que seu início e término possam ser claramente determinados.
- b) A sequência certa de serviços está sendo seguida, ou seja, a sequência lógica do planejamento estratégico será respeitada.
- c) A quantidade adequada de trabalho será selecionada, isto é, o serviço condiz com o orçamento disponível, bem como com a capacidade de produção das frentes de serviços.
- d) O serviço selecionado é adequado, isto é, os serviços predecessores foram concluídos e todos os recursos necessários estão disponíveis.

## **5. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ANÁLISE DAS REDES SOCIAIS (SOCIAL NETWORK ANALYSIS – SNA)**

Neste capítulo inicialmente será descrita a obra utilizada como estudo de caso e como foi realizada a coleta de dados do escopo do trabalho, expondo as fontes das informações e os serviços acompanhados. Então será explicado como foi realizada a modelagem das redes utilizadas na análise dos dados coletados, com a utilização do software *Gephi*.

### **5.1 MODELAGEM DOS DADOS COLETADOS**

A modelagem dos dados foi realizada em três etapas distintas. Inicialmente, gerou-se uma rede relacionando todas as possíveis causas com as possíveis consequências das perdas observadas, não tendo sido discriminadas em relação à divisão dos grupos. Ao todo, foram listadas 631 (seiscentas e trinta e uma) possíveis relações causais entre todos os tipos de causas e consequências.

Na segunda modelagem foram geradas duas redes de interação. No primeiro grafo relacionou-se todas as possíveis causas aos grupos de atividades, buscando-se assim investigar se há relações mais fortes entre determinados serviços e possíveis causas, se há uma ou mais causas que sejam predominantes em todos os grupos e ainda se há possíveis causas que possam ser consideradas secundárias em comparação às demais. No segundo grafo realizou-se a análise similar, alterando-se contudo o enfoque para a relação entre os grupos das atividades e as possíveis consequências.

Finalmente, para a última modelagem foram compiladas 6 (seis) redes distintas. A exemplo do que foi realizado na primeira modelagem, foram gerados grafos da relação entre as possíveis causas e consequências dos eventos registrados. Entretanto, nesta etapa dividiu-se as relações de acordo com o grupo de atividade ao qual estavam associadas. Com estes modelos buscou-se investigar se há, dentro dos grupos relações de causalidade representativas diferentes das observadas nas análises anteriores.

### **5.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO EMPREENDIMENTO**

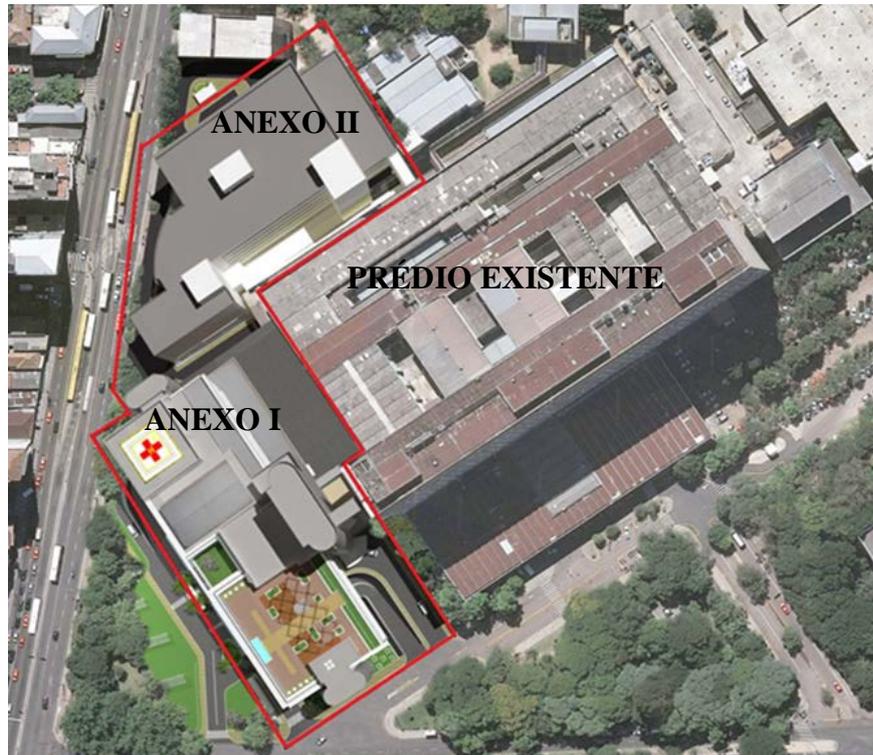
O empreendimento que será objeto deste estudo de caso é a ampliação de um complexo hospitalar localizado na cidade de Porto Alegre – RS. A obra, por se tratar da expansão de uma edificação pública, vinculada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), foi

licitada conforme a Lei Nº 8.666/93, na modalidade de empreitada por preço global. A concorrência foi vencida por um consórcio formado por duas empresas do ramo da construção civil, tendo uma destas sido fundada há 35 anos na cidade de São Paulo/SP e a outra há 20 na cidade de Belo Horizonte/MG.

A obra é dividida em três partes: dois prédios anexos, denominados Anexo I e Anexo II, e a área de Implantação (Figura 7). A construção compreenderá aproximadamente 100.000 m<sup>2</sup> de área construída, sendo cerca de 54.000 m<sup>2</sup> referentes ao Anexo I, 30.000 m<sup>2</sup> ao Anexo II e 16.000 m<sup>2</sup> à área de Implantação. O Anexo I será composto por: 2 (dois) subsolos de estacionamento; 6 (seis) pavimentos de áreas hospitalares, tais como, emergência, bloco cirúrgico, CTI, salas de exame e recuperação anestésica, consultórios; 2 (dois) pavimentos de áreas técnicas, onde serão instalados equipamentos de climatização e esterilização de materiais; cobertura com restaurante aberto ao público e Heliponto; e torre de 6 (seis) pavimentos de interligação ao prédio existente (Figuras 8 e 9). O Anexo II será formado por: 2 (dois) subsolos de garagem; 3 (três) pavimentos de áreas clínicas, como, hemodinâmica, fisioterapia, hospital-dia; 3 (três) pavimentos de áreas administrativas e escolares, contendo salas do corpo administrativo do hospital, salas de aula, laboratórios e também um anfiteatro para realização de eventos (Figuras 10 e 11).

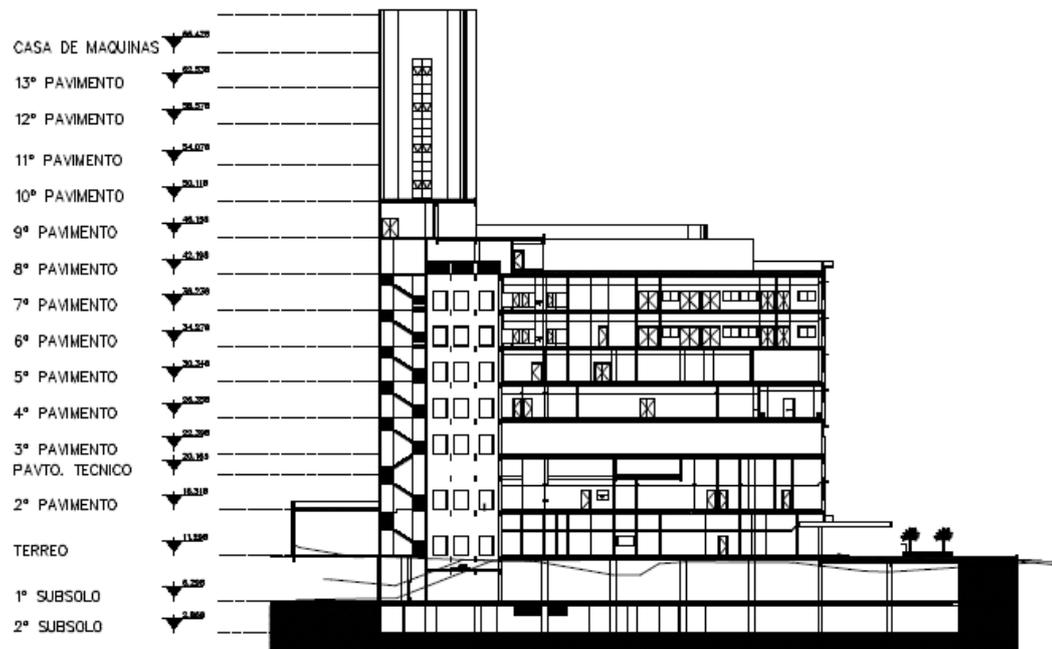
A construção apresentava previsão inicial de término em setembro de 2017. Contudo, devido à restrições orçamentárias impostas pelo Governo Federal, teve seu prazo prorrogado para o final de 2018. Ao início deste trabalho, a obra apresentava aproximadamente 58% de conclusão, estando ligeiramente adianta em relação ao cronograma vigente. Destacam-se que atualmente encontram-se em execução os serviços das redes de climatização, gases medicinais, hidro-sanitárias, elétricas, de combate a incêndio e de gases medicinais, revestimentos interno e externo, paredes de alvenaria e em Drywall, impermeabilização, estrutura de concreto, instalação de esquadrias e revestimentos de piso.

Figura 7 – Identificação da obra de estudo de caso



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 8 - Corte esquemático do Anexo I



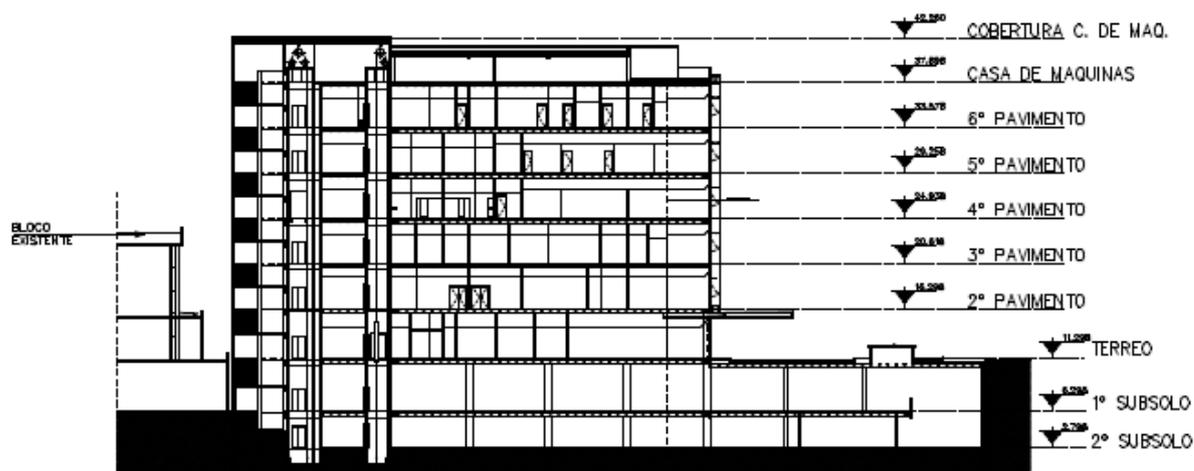
Fonte: projetos coletados na obra

**Figura 9 - Fachada oeste do Anexo I**



Fonte: foto tirada pelo autor

**Figura 10 - Corte esquemático do Anexo II**



Fonte: projetos coletados na obra

**Figura 11 - Fachada noroeste do Anexo II**



**Fonte: foto tirada pelo autor**

A equipe de produção da obra conta com 2 (dois) engenheiros civis, 3 (três) técnicos de edificações, 4 (quatro) estagiários e 2 (dois) mestres de obras. A equipe de planejamento e controle de obra é composta por 3 (três) engenheiros civis, 1 (uma) arquiteta, 2 (dois) assistentes de engenharia e 4 (quatro) estagiários. A equipe de instalações hospitalares e prediais compreende 3 (três) engenheiros, 1 (uma) assistente de engenharia e 4 (quatro) estagiários. O departamento de suprimentos contém 1 (um) engenheiro e 2 (dois) assistentes e 2 (dois) estagiários. Já a equipe de segurança e qualidade conta com 1 (um) engenheiro de segurança, 3 (três) técnicos de segurança e 1 (um) técnico de qualidade. Ademais, a equipe técnica presente no canteiro também é composta por engenheiros, técnicos e estagiários das empresas terceirizadas contratadas.

Além da equipe do consórcio construtor, há a presença também de uma empresa gerenciadora e fiscalizadora no canteiro de obras, a qual também foi contratada mediante licitação pública. Seu corpo técnico é composto por 4 (quatro) engenheiros civis, 1 (um) técnico de instalações, 1 (um) técnico de planejamento e 1 (um) técnico de segurança.

Apesar do porte do empreendimento e da numerosa equipe técnica responsável pelo planejamento e controle da obra, foi observado que não havia uma estrutura formal de elaboração dos planejamentos de médio e curto prazo. A sequência de execução de serviços era

baseada no cronograma presente na licitação da obra, o qual era atualizado periodicamente para acomodar os desvios de produção. Estas atualizações eram realizadas por meio da elaboração de planilhas do *Microsoft Excel* e, em menor frequência, do *Microsoft Project*. Entretanto, dada a complexidade da execução do empreendimento e o grande número de serviços que deveriam ser realizados, a visualização destes cronogramas tornava-se bastante complexa. Pôde-se constatar que não era realizada a repartição formal deste planejamento em horizontes de tempo menores.

Além disso ressalta-se que eram realizadas semanalmente reuniões entre as equipes de produção, de planejamento e de suprimentos da obra, nas quais debatia-se quais seriam os serviços que seriam realizados na semana. Contudo, ao término destas reuniões, não havia formalização do plano de ataque estabelecido, sendo este apenas repassado verbalmente pelos engenheiros, técnicos, mestres de obra e encarregados aos demais funcionários. Logo, dado o caráter informal destes planos, o controle de execução de serviços e de produtividade tornava-se igualmente informal, sendo este também pouco disseminado pela equipe de planejamento e controle às demais equipes do canteiro de obras.

### 5.3 COLETA DE DADOS

Para a realização da coleta de dados, foram reunidos documentos referentes a inadequações observadas no canteiro, os quais, por sua vez, foram elaborados pela equipe de gerenciamento da obra. Esses documentos são compostos por relatórios escritos e fotográficos, para análise dos pontos passíveis de melhorias, bem como sugestões para adequação das discordâncias relatadas. Salienta-se ainda que o seu conteúdo pode abranger informações de diferentes serviços realizados no canteiro, não tendo seu escopo delimitado a um serviço específico.

Tendo em vista que durante a execução da obra foram emitidos aproximadamente 900 (novecentos) relatórios deste cunho, optou-se por delimitar a análise aos documentos emitidos no período de um ano, entre 01/07/16 a 30/06/17. Este grupo foi composto por 361 (trezentos e sessenta e um) pareceres, dos quais 122 (cento e vinte e dois) foram considerados relacionados ao problema de pesquisa, com base no conhecimento do autor do trabalho acerca do assunto e de sua experiência no canteiro de obras do empreendimento.

Durante a análise documental, as perdas por *making-do* observadas foram catalogadas em uma planilha de cálculo do *Microsoft Excel*, discriminando-se o documento no qual foram relatadas,

a data de emissão do relato, o serviço ao qual se relaciona, a perda observada, suas possíveis causas e consequências –as quais foram limitadas em até 3 por perda – e finalmente organizou-se as perdas em grupos, conforme pode ser visto na tabela 2 a seguir. Como critérios de divisão dos grupos, utilizou-se o serviço ao qual as perdas estavam relacionadas, sendo estas: Instalações Prediais, Estrutura de Concreto, Vedações, Revestimentos, Segurança do Trabalho e Armazenamento de Materiais, cujo escopo encontra-se descrito na tabela 1. Ao todo, foram catalogados 182 (cento e oitenta e dois) eventos, aos quais foram associadas 328 (trezentos e vinte e oito) possíveis causas e 340 (trezentos e quarenta) possíveis consequências.

**Tabela 1 - Escopo dos grupos de serviços**

Serviços	Escopo do serviço
Instalações prediais	Instalações elétricas, hidrossanitárias e de PPCI, da execução da infraestrutura em lajes e paredes e passagem de cabamentos à colocação de dispositivos, louças e metais
Estrutura de concreto	Execução da superestrutura de concreto, incluindo lajes, vigas e pilares.
Vedações	Execução de paredes de alvenaria e em Drywall, bem como instalação do forro de gesso.
Revestimentos	Execução de revestimentos internos, sendo considerados tanto revestimentos de paredes como reboco de argamassa, massa corrida, pintura, revestimento cerâmico, quanto revestimentos de piso, como contrapiso, porcelanato e piso elevado.
Segurança do trabalho	Atividades relacionadas à segurança dos trabalhadores da obra, sendo compreendidos: uso de EPI's, andaimes fachadeiros, guarda-corpos, linha de vida, proteção de poços de elevadores, bandejas de proteção.
Armazenamento de materiais	Procedimentos relacionados ao estoque e transporte de materiais no canteiro de obras.

**Fonte: elaborada pelo autor**

Tabela 2 – Excerto da tabela utilizada para agrupamento dos dados

Documento	Data	Assunto	Apontamentos	Causas (até 3 principais)			Consequências (até 3 principais)			Classificação 1
				Causa 1	Causa 2	Causa 3	Conseq. 1	Conseq. 2	Conseq. 3	
074G/16 (1)	12/07/2016	Instalações Hidrossanitárias	Ausência de fixação (braçadeiras)	Materiais e Componentes	Informação		Retrabalho	Redução da Qualidade	Falta de Terminalidade	Instalações Prediais
086/16 (1)	14/07/2016	Instalações Elétricas	Ausência de peças ou peças inadequadas para conexões	Materiais e Componentes	Informação		Retrabalho	Falta de Terminalidade	Retrabalho	Instalações Prediais
086/16 (2)	14/07/2016	Instalações Elétricas	Instalações embutidas no piso danificadas	Informação	Mão de Obra		Perda de Material	Falta de Terminalidade	Retrabalho	Instalações Prediais
086/16 (3)	14/07/2016	Instalações Elétricas	Rasgos no contrapiso para execução de instalações elétricas	Informação	Informação		Retrabalho	Falta de Terminalidade	Retrabalho	Instalações Prediais
080D/16	20/07/2016	Instalações de PPCI	Aberturas em laje e alvenaria sem selante corta fogo	Informação	Materiais e Componentes		Perda de Material	Retrabalho	Falta de Terminalidade	Instalações Prediais
088/16 (1)	21/07/2016	Vistoria de Ambientes	Aberturas em laje e alvenaria que não serão utilizadas	Informação	Informação		Retrabalho	Falta de Terminalidade	Retrabalho	Instalações Prediais
088/16 (2)	21/07/2016	Vistoria de Ambientes	Aberturas em laje preenchidas com sacos de cimento	Informação	Materiais e Componentes		Falta de Terminalidade	Redução da Qualidade	Retrabalho	Instalações Prediais
088/16 (3)	21/07/2016	Vistoria de Ambientes	Falhas de Concretagem (Bicheiras)	Mão de Obra	Equipamentos	Materiais e Componentes	Redução da Qualidade	Falta de Terminalidade	Retrabalho	Estrutura de Concreto
088/16 (7)	21/07/2016	Vistoria de Ambientes	Placas de Drywall danificadas	Serviços Interligados			Perda de Material	Falta de Terminalidade	Retrabalho	Vedações Internas
088/16 (8)	21/07/2016	Vistoria de Ambientes	Montantes de Drywall mal fixados ou cortados	Informação	Serviços Interligados		Perda de Material	Redução da Qualidade	Retrabalho	Vedações Internas
089/16 (5)	21/07/2016	Vistoria de Ambientes	Descolamento do contrapiso causado por furações	Serviços Interligados	Materiais e Componentes		Retrabalho	Falta de Terminalidade	Retrabalho	Revestimentos
095/16	05/08/2016	Andaime Fachadeiro	Atividades em altura sem a utilização de cinto de segurança	Equipamentos	Mão de Obra		Redução de Segurança			Segurança do Trabalho
099/16 (3)	12/08/2016	Vistoria de Ambientes	Paredes de Drywall danificadas durante a execução da instalação elétricas	Equipamentos	Mão de Obra		Perda de Material	Falta de Terminalidade	Retrabalho	Vedações Internas
099/16 (4)	12/08/2016	Vistoria de Ambientes	Reboco interno danificado durante a instalação de peitoril	Serviços Interligados	Mão de Obra		Retrabalho	Falta de Terminalidade	Perda de Material	Revestimentos
099/16 (6)	12/08/2016	Vistoria de Ambientes	Retirada de forma	Informação	Espaço	Serviços Interligados	Falta de Terminalidade	Retrabalho		Estrutura de Concreto
099/16 (7)	12/08/2016	Vistoria de Ambientes	Ausência de isolamento térmico	Materiais e Componentes	Informação		Redução da Qualidade	Falta de Terminalidade		Instalações Prediais
099/16 (8)	12/08/2016	Vistoria de Ambientes	Falta de identificação das tubulações hidrossanitárias e da rede elétrica	Informação	Materiais e Componentes		Falta de Terminalidade	Falta de Terminalidade		Instalações Prediais
101/16	29/08/2016	Armazenamento de Materiais	Armazenamento inadequado de gesso e argamassa	Espaço	Condições Externas		Perda de Material			Armazenamento de Materiais

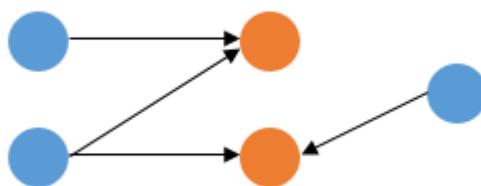
Fonte: elaborada pelo autor

## 5.4 ANÁLISE DE REDES

A análise dos dados coletados neste estudo será empregado o método de Análise de Redes Sociais, ARS, (do inglês *Social Network Analysis*). Optou-se por este método por ser bastante adequado para representar a relação entre diferentes atores e como se dá a sua interação (OTTE; ROUSSEAU, 2012). Para tanto, utiliza-se a teoria de redes e grafos, os quais vêm se tornando ferramentas fundamentais para a avaliação de dados, permitindo aos seus usuários a criação modelos que representem as mais diversas formas de interação entre atores (CHERVEN, 2013).

Segundo Otte e Rousseau (2012), a estrutura da rede é formada por nós e arestas, sendo esses considerados os atores da rede, já estes ilustram as relações entre os atores. No estudo de caso deste trabalho, os nós serão constituídos ora pelas causas e consequências das causas por *making-do*, ora pelos serviços do canteiro de obras. Conforme explanado em Easley e Kleinberg (2010, p. 23) um grafo pode ser considerado direcionado ou não direcionado. Este trabalho fará uso de grafos direcionados, os quais, segundo os autores citados anteriormente, consistem em grafos cujas arestas direcionadas (setas) e nos quais estas direções são relevantes. A escolha deste tipo de grafo para o trabalho se justifica, dado que serão analisadas as relações de causalidade entre os nós. Segue abaixo um exemplo ilustrativo de um grafo direcionado, com seus nós e setas (Figura12).

**Figura 12 – Exemplo de grafo direcionado**



**Fonte: elaborada pelo autor**

O conceito de sociogramas foi introduzido por Jacob Moreno com o intuito de se analisar escolha e preferências em um determinado grupo (1934). Os sociogramas podem ser estruturados com base em diferentes critérios, tais como, canais influência, linhas de comunicação (MORENO, 1934). Neste trabalho, os critérios utilizados são as possíveis relações de causalidade das causas e consequências das perdas por *making-do*.

Para a realização a análise será utilizado o programa *Gephi*, um programa de código aberto de análise de redes. Atualmente, vem sendo utilizado em projetos das mais variadas esferas, desde o âmbito acadêmico até o jornalístico (LEETARU, 2011). Conforme Cherven (2013), o programa proporciona ao usuário uma interface acessível para a compilação de redes complexas de interação. Ainda segundo o autor, o sistema permite a compilação de diversas formas de grafos. Contudo, neste trabalho será apresentada a representação da *Force Atlas*, por meio da qual pode-se dar ênfase na independência e na proximidade dos diferentes nós. Esta formatação também possibilita a visualização dos atores em grupos, *hubs*, de acordo com suas semelhanças (CHERVEN, 2013).

Segundo Cherven (2013), uma das formas de inserção de dados no programa *Gephi* é por meio da importação de planilhas do *Microsoft Excel*. Ainda de acordo com o autor, esta forma é bastante aconselhável, pois permite ao usuário uma organização mais fácil dos dados de entrada no sistema. Para tanto, é necessária a confecção de duas planilhas diferentes. Na primeira serão inseridos os nós, os quais serão compostos pelos tipos de causas e consequências apresentadas na seção 3.2.2 deste trabalho, bem como da divisão de serviços do canteiro, para que então sejam listados e conferidos uma identificação numérica (*Id*). Na segunda planilha serão inseridas as arestas, compostas pelas relações entre os nós do sistema, as quais também compreendem o seu peso (*weight*), que por sua vez determina a força da relação (CHERVEN, 2013).

Por fim, ainda há alguns conceitos acerca da teoria de grafos que são bastante importantes para a compreensão deste trabalho e, portanto, devem ser explanados. O primeiro diz respeito à força das relações. Segundo Easley e Kleinberg (2010, p. 53) quanto mais forte a ligação entre dois nós, mais frequente será a interação entre eles. O segundo conceito se refere aos graus do nós. Genericamente, ele pode ser definido como o número de conexões que chegam ou saem de um nó (RUOHONEN, 2013). Os graus podem ser divididos em dois grupos: o grau de entrada, que diz respeito ao número de setas que chegam a este nó, e o grau de saída, que relacionado ao número de setas que saem do nó (RHUOHONEN, 2013).

Após ter sido realizada a catalogação dos eventos, foi realizada uma compilação dos dados para que fosse ser possível inseri-los no programa *Gephi*, para assim gerar as redes de interação e posteriormente realizar a análise dos dados, a qual será descrita mais detalhadamente no capítulo 6.

## 6. ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE SERVIÇOS, CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DE *MAKING-DO*

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir da análise dos dados coletados na obra de estudo de caso e da compilação das redes de interação. A divisão das seções seguirá a ordem explanada na seção 5.3: Inicialmente será apresentada a rede gerada pela análise indiscriminada das relações entre todas as possíveis causas e consequências observadas; em seguida serão apresentadas as redes relacionando os grupos de atividades às possíveis causas e consequências; e por fim será feita o estudo das redes de causalidade dos diferentes grupos de atividades.

Conforme já relatado brevemente em seções anteriores, a formação de redes de interação se dá por meio de diferentes fatores, entre eles, o peso (*weight*) da relação entre os nós, o grau de saída de um determinado nó, bem como seu grau de entrada. No âmbito deste trabalho, estas características são representadas respectivamente por: número de vezes que determinada relação causa-consequência foi observada; quantidade de tipos de consequências produzidas por um nó; quantidade de tipos de causas associadas a um nó. Desta forma, pode-se resumir que:

- a) Quanto maior o número de vezes que uma causa é responsável por uma consequência, maior será o peso desta relação e mais espessa será a seta que as liga no grafo;
- b) Quanto mais uma causa for responsável por diferentes consequências de perdas por *making-do*, maior será o seu grau de saída;
- c) Quanto mais uma consequência for resultado de diferentes causas de perdas por *making-do*, maior será o seu grau de entrada;
- d) A frequência com que uma causa ou consequência ocorre, depende da relação entre o peso de suas relações e do seu grau de saída e entrada, chamado de grau ponderado.

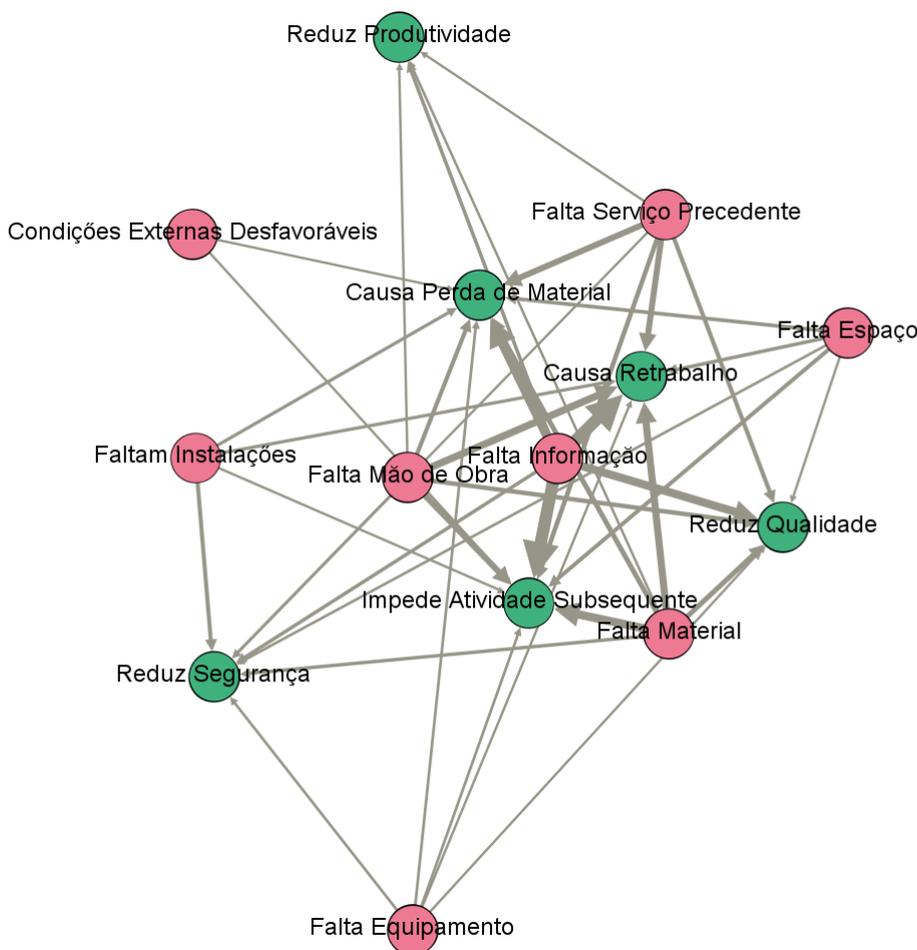
Salienta-se que, no contexto deste trabalho, um nó terá um grau alto quanto mais causas ou consequências puderem ser associadas a ele. Isso significa que um nó de alto grau de saída interfere de formas mais diversas nos serviços, ou seja, seus efeitos são mais abrangente. Já um nó de alto grau de entrada pode ser interpretado como uma consequência decorrente das mais diversas fontes, ou seja, é mais suscetível a acontecer.

Por fim, salienta-se ainda que a análise não será realizada à exaustão. Dada a quantidade de dados disponíveis, serão selecionadas para apreciação as informações relacionadas ao objetivo do presente trabalho.

### 6.1 RELAÇÃO ENTRE POSSÍVEIS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

Conforme já relatado brevemente em seções anteriores, a análise do dados foi iniciada pela relação de todas as possíveis causas e consequências. Nesta etapa buscou-se estabelecer se há, dentre os componentes destes grupos, aqueles que se sobressaem dos demais, ou seja, aqueles que tenham grau de entrada ou saída relativamente maior. Também tentou-se averiguar se há relações causais cujo peso relativo também fosse mais acentuado. Os resultados desta primeira rede pode ser observado a seguir na figura 13, que contém o seu grafo, e na tabela 3, que contém a análise estatística dos nós.

**Figura 13 - Rede de interação de causas e consequências**



**Fonte: elaborada pelo autor**

**Tabela 3 – Análise estatística dos nós**

Id	Rótulo	Tipo	Grau de Entrada	Grau de Saída	Grau	Grau de Entrada Ponderado	Grau de Saída Ponderado	Grau Ponderado
0	Falta Informação	Causa	0	6	6	0	3,82	3,82
1	Falta Material	Causa	0	6	6	0	1,94	1,94
2	Falta Mão de Obra	Causa	0	6	6	0	1,5	1,5
3	Falta Equipamento	Causa	0	5	5	0	0,19	0,19
4	Falta Espaço	Causa	0	5	5	0	0,56	0,56
5	Falta Serviço Precedente	Causa	0	6	6	0	1,31	1,31
6	Condições Externas Desfavoráveis	Causa	0	2	2	0	0,04	0,04
7	Reduz Produtividade	Consequência	4	0	4	0,21	0	0,21
8	Causa Perda de Material	Consequência	8	0	8	2,03	0	2,03
9	Causa Retrabalho	Consequência	7	0	7	2,78	0	2,78
10	Reduz Segurança	Consequência	7	0	7	0,66	0	0,66
11	Reduz Qualidade	Consequência	6	0	6	1,43	0	1,43
12	Impede Atividade Subsequente	Consequência	8	0	8	2,69	0	2,69
13	Faltam Instalações	Causa	0	4	4	0	0,44	0,44

**Fonte: elaborada pelo autor**

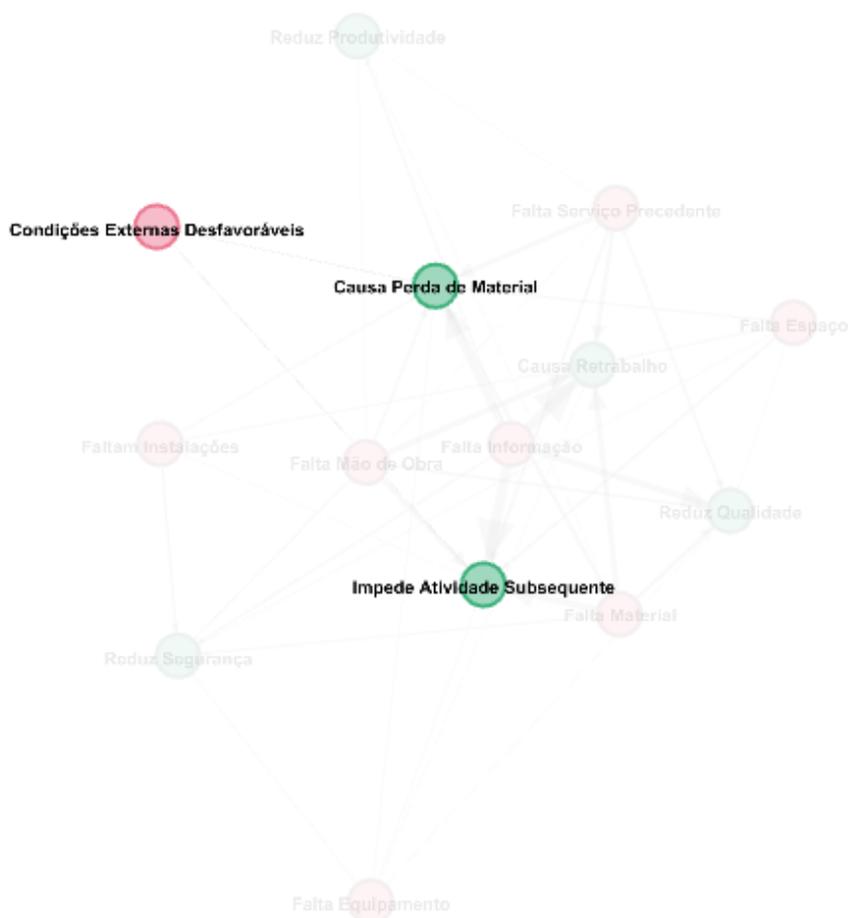
A figura 13 mostra algumas características importantes da interação entre possíveis causas (representadas na cor rosa) e consequências (representadas na cor verde) das perdas por *making-do*, as quais serão apresentadas na sequência.

Inicialmente, pode-se perceber que nem todos elementos dos grupos possuem a mesma importância dentro da rede. O *hub* formado permite observar que claramente há componentes que situam-se mais ao centro, como por exemplo, as causas “Falta Mão de Obra” e “Falta Informação” e as consequências “Causa Retrabalho”, “Causa Perda de Material” e “Impede Atividade Subsequente”. Ao passo que outros nós podem ser considerados menos importantes ou menos críticos, tais como “Falta Equipamento”, “Condições Externas Desfavoráveis” e “Faltam Instalações” por parte das causas, e “Reduz Segurança” e “Reduz Produtividade” por parte das consequências.

Estes resultados sugerem que nem todas as causas e consequências têm a mesma relevância para o sistema. Por isso pode-se entender que, caso sejam sanadas inadequações em relação ao planejamento da obra e à contratação e qualificação da mão de obra, a diminuição das perdas por *making-do* deverão ser mais significativas. Do mesmo modo, pode-se dizer que caso haja falhas nos processos do canteiro, é mais provável que sejam observadas perdas de materiais, maior número de serviços que precisam de retrabalho e que não podem ser considerados finalizados.

Outro aspecto importante que pode ser destacado é que, apesar do grande número de relações presentes de um modo geral, há nós que possuem menor quantidade de relações com os demais, sendo o melhor exemplo deste a causa “Condições Externas Desfavoráveis”. Esta situação fica ainda mais evidente quando se considera os resultados da tabela 3 e se destaca este nó no grafo, como pode ser visto na figura 14 abaixo.

**Figura 14 – Relações da causa “Condições Externas Desfavoráveis”**



**Fonte: elaborada pelo autor**

Conforme observado acima, a causa destacada apresenta ligações apenas com duas consequências “Perda de Material” e “Impede Atividade Subsequente”. Salienta-se ainda a espessura das setas que simbolizam tais relações que mostram-se pouco representativas quando comparadas às demais. Portanto, pode-se supor que, além de ser uma causa pouco relevante para perdas por *making-do*, esta é uma causa secundária quando presente. Levando-se em

consideração estes aspectos, pode-se justificar o posicionamento periférico atribuído a este componente.

Em termos práticos pode-se dizer que, apesar de calor e chuvas serem um incômodo, não é plausível atribuir a eles a total responsabilidade por eventuais imprevistos no canteiro. Isso se justifica pelo fato de o replanejamento com antecedência de serviços externas ou que possam ser atrapalhadas pelo tempo ser possível tendo-se posse de uma simples previsão meteorológica.

Ainda no âmbito de posicionamento relativo e forças de relação, destaca-se a situação dos nós “Falta Equipamentos” e “Reduz Produtividade”. Ambos têm um número significativo de relações, 5 (cinco) graus de saída e 4 (quatro) graus de entrada, respectivamente. Contudo, o seu posicionamento encontra-se também relativamente à periferia do *hub*. Estas informações permitem observar que, apesar de ambos possuírem altos graus absolutos, suas relações com os demais nós é comparativamente mais fraca. Por isso pode-se entender que ambos elementos são secundários em relação aos demais. Ou seja, seus efeitos podem ser considerados menos significativos no canteiro.

Os resultados da análise realizada acima podem ser entendidos como uma situação em que um operário deve realizar um corte em uma parede para a colocação de um interruptor. O eventual uso de uma ferramenta inadequada para a realização deste serviço é menos significativa do que a ausência de um procedimento formal da melhor maneira de se realizar o serviço. Da mesma forma, a perda de material e possíveis retrabalhos que deverão ser realizados por outras equipes terão impacto mais significativo do que a redução da produtividade neste serviço.

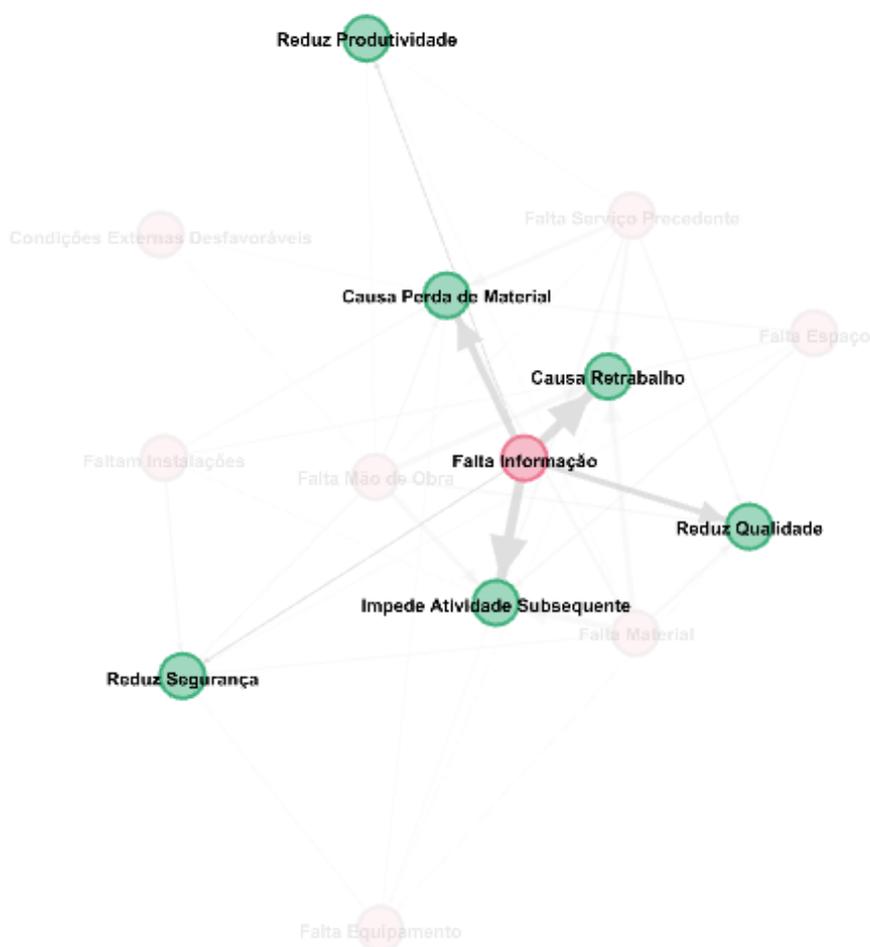
Mudando-se o enfoque para os nós localizados mais ao centro do *hub*, torna-se evidente a predominância da causa “Falta Informação”. Esta tem setas bastante espessas em relação às demais, além de estar posicionada próxima à maioria das consequências examinadas, conforme pode ser observada na figura 15 abaixo em que este nó é destacado.

Similarmente ao assumido em relação às causas e consequências mais periféricas mostradas anteriormente, pode-se supor que, não somente uma causa frequente nos eventos estudados, o nó “Falta Informação” é um dos grandes responsáveis por perdas por *making-do*. Ressalta-se ainda que esta causa apresenta ligações bastante fortes com todas as consequências mais centrais da rede, conforme mostrado pela espessura das setas que saem deste nó. Portanto, pode-

se assumir que a causa “Falta Informação” tem caráter principal em todas as situações em que está presente.

Esses resultados sugerem que carências no planejamento dos serviços, sejam por planejamento equivocado do plano de ataque, o não estabelecimento de procedimentos padronizados ou distribuição de projetos desatualizados, para citar somente algumas, podem ser as principais razões para que a mão de obra realize improvisações inadequadas no canteiro de obra. Isso pode ser justificado pelo caráter informal ainda associado à indústria da construção civil.

**Figura 15 – Relações da causa “Falta Informação”**



**Fonte: elaborada pelo autor**

Essa observação torna-se ainda mais consistente quando se leva em consideração a análise estatística dos nós por meio do programa *Gephi*, presente na tabela 3 (página 51). Dentre os dados presentes no quadro, destaca-se o grau de saída ponderado do nó “Falta Informação”, o

qual apresenta valor aproximadamente 100% superior ao segundo nó de valor mais elevado. Portanto, pode-se tomar esta informação como mais um indicativo da relevância desta causa para a rede compilada, bem como para o estudo das perdas por *making-do*.

Ainda em relação à tabela 3 é possível notar-se em relação às outras possíveis causas que aquelas que têm maior grau ponderado de saída se encontram mais próximas do centro do gráfico. O oposto ocorre com aquelas que possuem menor grau, a exemplo dos nós “Condições Externas Desfavoráveis” e “Falta Equipamento”. Chama a atenção também que apenas o grau de saída absoluto não necessariamente será um indicativo da importância de um nó, visto que outros fatores são levados em conta para o cálculo do grau ponderado de saída, como o peso das relações de um nó. Isso pode ser entendido como um indicativo de que estas causas são apenas acessórias aos problemas.

Uma possível explicação para a análise acima, quando também são consideradas as observações feitas a respeito da causa “Falta Informação”, é que caso o planejamento de um serviço não seja adequadamente realizado, outras formas de improvisação acabam sendo associadas. Estas causas que acabam sendo associadas podem ser, por exemplo, o uso de equipamentos inadequados ou a realização de serviços em condições impróprias.

Ademais, ainda tendo como base a tabela 3, pode-se perceber que, de forma similar ao que ocorre com as causas, as consequências também têm diferentes níveis de relevância. Os graus de entrada ponderados calculados apresentam valores bastante diferentes. Portanto, é possível presumir-se que, a exemplo das causas, também pode-se assumir que há consequências acessórias. Com base nestas observações, pode-se entender que a perda de materiais e a ocorrência de retrabalhos são consequências mais relevantes das perdas por *making-do* do que a redução da produtividade ou da segurança.

Os resultados acima podem ser entendidos da seguinte forma: caso um serviço não seja devidamente planejado, além de ocorrerem perdas de materiais, a segurança do trabalhador também é afetada. Ou ainda, se não forem fornecidos equipamentos adequados para a execução de um serviço, os impactos causados pela necessidade de retrabalhos são mais relevantes do que eventuais perdas de produtividade.

A partir da análise conjunta da tabela 3 (página 51) e da figura 13 (página 50), pode-se perceber que duas consequências apresentam graus de entrada ponderado acima dos demais, “Causa

Retrabalho” e “Impede Atividade Subsequente” e de fato estes apresentam posição bastante próxima ao centro do gráfico. Contudo, pode-se notar ainda que a primeira está posicionada mais acima do gráfico, ao passo que a segunda está ligeiramente mais abaixo. Esta situação pode ser explicada pelo fato de cada um destes nós estar relacionado mais diretamente a diferentes grupos de causas. Desta forma estão deslocadas para zonas distintas do grafo, mesmo que em posições centrais. Um paralelo pode ser traçado em relação às diferentes causas mapeadas, que também possuem graus de saída ponderados próximos uns dos outros, mas que igualmente apresentam posições distintas no grafo.

Pela análise acima pode-se entender que, caso perdas por improvisação no canteiro de obras sejam causadas por falta de material e de mão de obra, é mais provável que seja impedida a execução de um serviço subsequente do que haja retrabalho. De forma semelhante, pode-se considerar que haja maior chance de que, caso uma perda acarrete retrabalho, sua causa tenha sido falta de espaço ou acesso adequado à frente de trabalho ou que o serviço precedente tenha sido completado.

Tendo sido feita esta análise inicial das relações entre causas e consequências, resolveu-se examinar a interação entre os grupos de possíveis causas e consequências e os grupos de serviços para estabelecer-se como se dão as diferentes relações entre estes fatores.

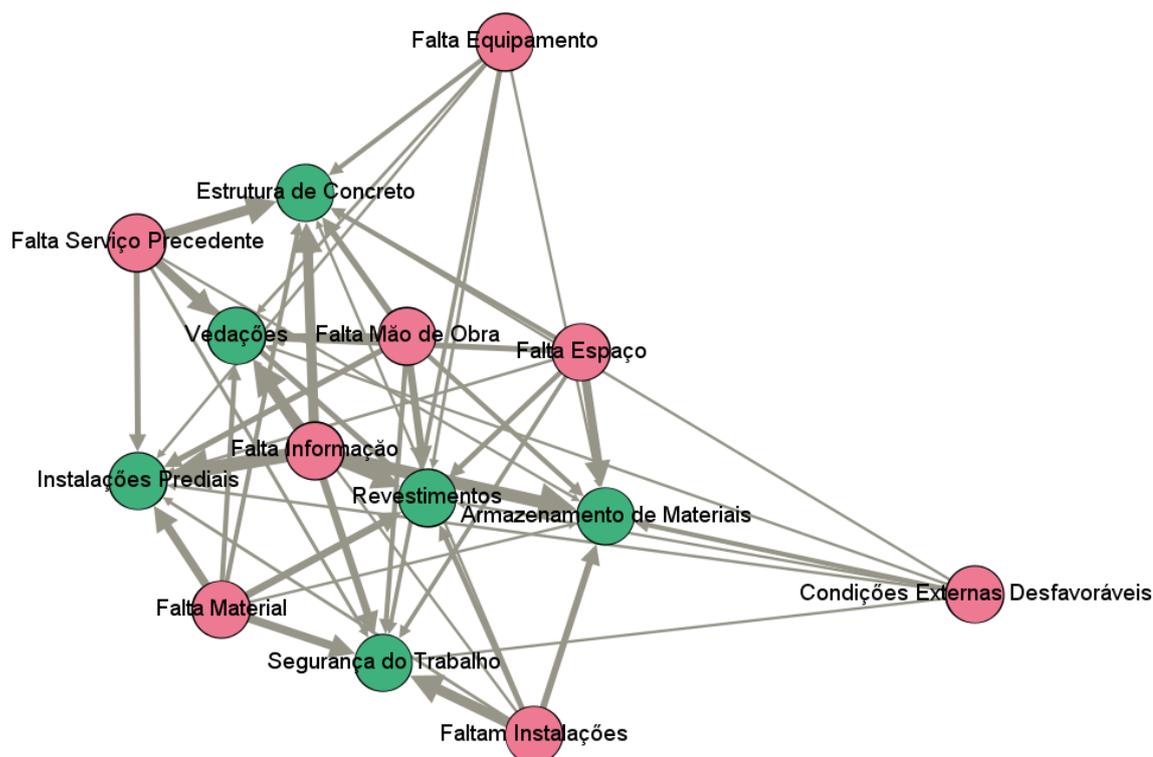
## 6.2 RELAÇÃO ENTRE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS E OS GRUPOS DE ATIVIDADES

Esta segunda análise foi realizada em duas etapas, como já exposto anteriormente. Inicialmente, foi compilada uma rede contendo as causas e os grupos de atividades analisado. Na sequência, o mesmo processo foi realizado, no entanto tendo-se como foco as possíveis consequências e os diferentes serviços. As análises das duas redes serão expostas nas seções a seguir.

### 6.2.1 Interação entre causas e grupos de atividades

A exemplo da rede gerada anteriormente, na figura 16, pode-se observar que o grafo das relações analisadas é bastante saturado, mostrando que há uma grande interação entre os nós. Isso demonstra que grande parte das causas estudadas apresentam significativa influência nos serviços analisados. Salienta-se, contudo, que há relações que se revelam bastante mais significativas que outras e que novamente há causas que podem ser consideradas menos importantes, sendo posicionadas na periferia do *hub*.

**Figura 16 – Rede de interação entre causas e grupos de atividades**



**Fonte: elaborada pelo autor**

Após uma breve análise, já é possível notar que a causa “Condições Externas Desfavoráveis” se encontra bastante afastada do centro do grafo. Pode-se então tomar isso como mais uma evidência do caráter secundário desta causa para as perdas por *making-do*. O mesmo pode ser apontado a respeito da causa “Falta Equipamento”, que também encontra-se significativamente afastada do centro.

Pelos resultados descritos acima, pode-se entender que é corroborada a ideia de que há causas que são relevantes em relação às perdas por *making-do*. Pode-se assumir que essa situação ocorre, pois há pré-requisitos dos serviços que são mais fáceis de serem identificados, a exemplo das condições climáticas ou utilização de andaimes.

Outro aspecto que é confirmado no grafo da figura 16 é o nível de importância da causa “Falta Informação” para o sistema, como pode ser visto pela sua posição no centro do *hub*. Esta observação permite que seja corroborado o status de causa principal do nó. Assim como apontado na seção 6.1, esta posição central pode ser um indicativo do caráter primário desta causa para improvisações no canteiro de obras. Ou seja, a sua centralidade indica que a causa

“Falta Informação” é um foco de perdas em todas os serviços, devendo receber atenção específica das equipes no canteiro.

A partir da análise acima, é possível assumir que quando ocorre uma perda por *making-do* no canteiro de obras, é mais provável que ela tenha como causa uma falha de planejamento do que a falta de equipamentos. Além disso, no caso de ser constatado que a perda foi ocasionada pela ação do clima, haverá grandes chances de que o planejamento também tenha sido equivocado.

Ademais, ainda pode ser observado na figura 16 que há certas causas e grupos de atividades que estão mais intimamente relacionadas. Um exemplo disso é a relação entre a causa “Faltam Instalações” e os serviços “Segurança do Trabalho”, “Revestimentos” e “Armazenamento de Materiais”.

No contexto do canteiro, estas relações mais próximas podem ser justificadas pela dependência que estes grupos de atividades têm de instalações provisórias. Por exemplo, para a execução do revestimento argamassado na parte mais alta de uma parede, é necessário que os andaimes estejam corretamente instalados e que sigam as normas vigentes. No caso da segurança do trabalho, uma situação frequente é a instalação de guarda-corpos provisórios inadequados, ou mesmo o fechamento impróprio de vãos. Já quando se analisa o armazenamento de materiais, é corriqueiro que não haja isolamento adequado dos insumos.

Por fim, outra ponderação que pode ser retirada desta rede é que, dependendo do serviço a que está relacionada, uma causa pode ser considerada predominante ou secundária. Analisando-se o caso da execução de vedações, pode-se perceber que a falta de serviços precedentes configura uma causa predominante para as perdas, já a falta de instalações seria comparativamente secundária.

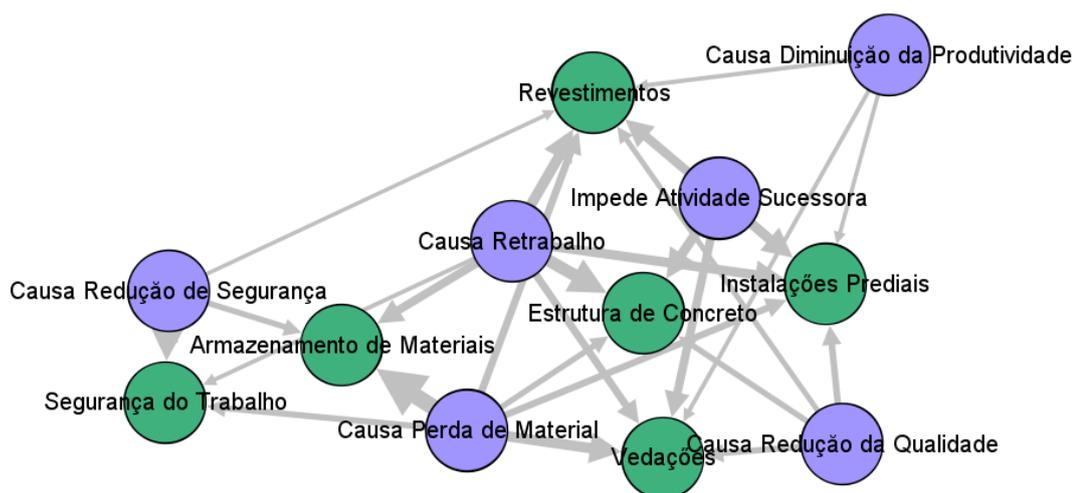
Com base na análise acima, pode-se entender que a não execução de um serviço anterior, como por exemplo o contrapiso ou a instalação de montantes, é mais relevante do que a ocasional ausência de um andaime para perdas por *making-do* durante a execução de paredes de alvenaria e de Drywall. Contudo, o contrário também pode ser dito a respeito de outros serviços. Tomando-se como exemplo o serviço “Revestimentos”, percebe-se que a relevância destas mesmas causas é invertida. Para contextualização, pode-se imaginar que, para a execução do revestimento externo, a instalação inadequada de um andaime fachadeiro ou suspenso é

relativamente mais significativa que a possibilidade da execução equivocada de um parede de alvenaria que atrapalhe a realização do serviço.

### 6.2.2 Interação entre consequências e grupos de atividades

Similarmente ao que foi feito na seção anterior, nesta realizou-se a análise da relação entre as diferentes consequências observadas e os serviços presentes no canteiro. Conforme será visto na figura 17 a seguir, algumas diferenças bastante claras poderão ser percebidas entre as duas redes geradas. Inicialmente, é notável que a quantidade de setas presentes na rede abaixo é bastante menor do que na rede da seção anterior. Isto é evidenciado pelo fato de apenas uma consequência, “Causa Retrabalho”, ter relação com todos os grupos de atividades estudados.

**Figura 17 – Rede de interação entre consequências e grupos de atividades**



**Fonte: elaborada pelo autor**

Inicialmente, deve-se chamar a atenção para o fato de que nesta rede, a exemplo do que ocorre com as causas, há uma consequência que pode ser considerada como secundária em comparação às demais: a diminuição da produtividade. Esta observação reforça a análise feita na seção 6.1 de que esta consequência pode ser considerada como menos impactante e como sendo menos abrangente do que as demais consequências.

Isso pode ser explicado tomando o caso do serviço “Revestimentos” como exemplo, se um funcionário estiver utilizando um método ou equipamento inadequado para a execução do reboco de uma parede, a eventual perda de produtividade que esta inadequação causa é muito

menos impactante do que a possibilidade de o serviço ter de ser refeito ou do que a impossibilidade de se dar continuidade ao fluxo de serviços.

Ressalta-se ainda a proximidade da relação entre os serviços de segurança do trabalho e consequência de redução da segurança. Tendo em vista que deficiências na utilização de EPIs e a instalação inadequada de EPCs aumentam o risco de acidentes, os resultados encontrados nesta rede comprovam esta realidade.

A rede gerada pode ainda permite que seja confirmada a condição de ligeiro protagonismo das consequências “Causa Retrabalho”, “Impede Atividade Sucessora” e “Causa Perda de Material”, visto que encontram-se novamente ao centro do grafo. Entretanto, observa-se que estas, apesar de serem frequentes para os mesmos serviços, possuem relações levemente mais relevantes com diferentes grupos.

A partir da dinâmica observada acima pode-se entender que, por exemplo, apesar de a perda de materiais ser um problema frequente durante a execução da estrutura de concreto, a impossibilidade de se dar prosseguimento ao fluxo de trabalho devido à necessidade de recuperação de um pilar com falhas de concretagem tem um impacto ainda maior. Ou seja, no canteiro, dependendo do serviço observado, uma consequência pode ter um impacto mais relevante do que as demais.

Por fim, ressalta-se ainda um último nó e suas relações com os demais. A consequência “Causa Redução da Qualidade” não relação alguma com os serviços de armazenamento de materiais ou segurança do trabalho. Como pode ser observado, não há nenhuma seta que leve essa consequência a esses dois serviços.

A situação descrita pode ser justificada dado o tipo de grupo de atividades com o qual não há relação. Estes dois grupos tem caráter de apoio à produção e não estão diretamente relacionados à qualidade final do empreendimento. Portanto, uma eventual falha na execução de uma delas não gerará prejuízo às características da edificação, mas sim perdas de materiais e redução da segurança do trabalhador. Desse modo, pode-se concluir que apenas serviços com caráter de transformação afetam diretamente a qualidade do produto.

### 6.3 RELAÇÃO ENTRE POSSÍVEIS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DENTRO DOS GRUPOS DE ATIVIDADES

Tendo em vista as diferenças observadas quando o enfoque das redes analisadas anteriormente foi alterado, buscou-se investigar como se dá a relação das causas e consequências das perdas por *making-do* no nível dos grupos de atividades específicos do canteiro. Desta forma, foram delimitadas as causas e consequências nos serviços estudados e geradas novas redes de interação, as quais poderão ser vistas nas seções a seguir. A sequência de serviços seguirá a ordem: Instalações Prediais, Estrutura de Concreto, Vedações, Revestimentos, Segurança do Trabalho e Armazenamento de Materiais.

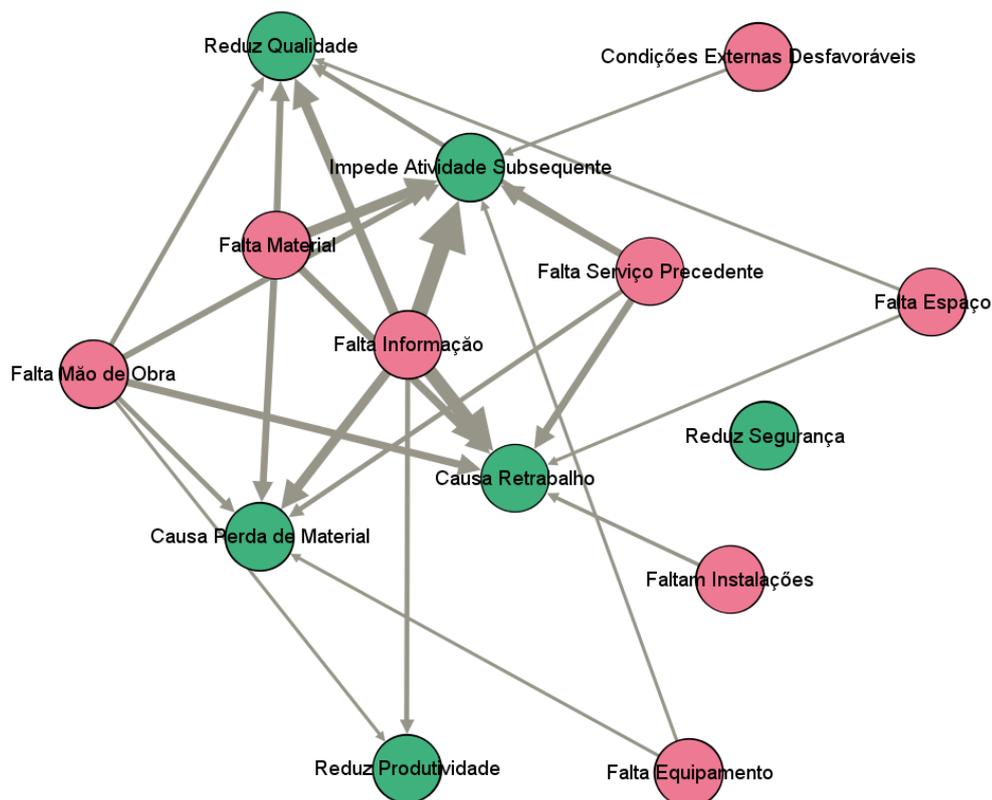
#### 6.3.1 Instalações prediais

Dado o grande volume de instalações que a operação de um hospital demanda, as quais compreendem instalações hospitalares como rede de gases medicinais e sinalização de enfermagem, instalações elétricas pouco convencionais como tomadas estabilizadas e rede de automação, instalações hidro sanitárias, além de uma robusta rede de climatização, foi possível constatar-se que um número elevado de eventos observados envolve este serviço, aproximadamente 25% do total. Os resultados obtidos da interação das causas e consequências deste grupo são encontrados na figura 18 abaixo.

Em uma análise inicial já é possível perceber que a execução deste serviço no canteiro de obras estudado não teve problemas quanto à segurança do trabalho ligada às perdas por *making-do*. Isto pode ser entendido como um indicativo de que as improvisações neste serviço tem maior relação com serviços de transformação do que com serviços de apoio da produção. Além disso, o fato de se ter separado a segurança do trabalho do restante dos serviços também deve ser um fator que minimizou a percepção desta consequência.

A partir da dinâmica acima, pode-se entender que a improvisação, quando ocorre neste serviço, tem impactos na execução das instalações, mas não reduzem a segurança do trabalhador. São fornecidas condições seguras de trabalho, mas há falhas na disponibilização de equipamentos e materiais e no estabelecimento de recursos.

**Figura 18 – Rede de interação das instalações prediais**



**Fonte:** elaborada pelo autor

Indo ao encontro do analisado em todas as redes até agora, a causa “Falta Informação” se mostra novamente bastante representativa. Esse nó tem relações com todas as possíveis consequências e percebe-se que as setas que saem dele são bastante espessas em relação às demais.

Este resultado pode ser justificado pelo fato de haver um número elevado de instalações cujos projetos devem ser compatibilizados e constantemente atualizados. É imprescindível também que sejam criados procedimentos padronizados para a instalação de cada um destes sistemas e que estes sejam formalmente fornecidos aos subempreiteiros responsáveis. Além disso, o sequenciamento da realização das instalações deve ser amplamente discutido para que possíveis interferências sejam reduzidas. Contudo, como pode ser visto na rede acima, este sistema de desenvolvimento e compartilhamento de informações no canteiro da obra estudada encontrava-se bastante deficitário. Esta situação acaba tornando essa a causa mais relevante de todas as analisadas e a responsável principal pela maior parte das consequências.

Ainda em relação às causas do sistema, percebe-se que há a formação de um grupo central, composto por “Falta Informação”, “Falta Material” e “Falta Mão de Obra”. Esta informação,

somada ao fato de estes nós terem relações com peso relativo elevado, indicam que estas podem ser como as principais causas de perdas nos serviços de instalações prediais.

Em relação ao canteiro de obras, por meio das observações acima pode-se entender que o fornecimento de tubulações, cabeamento, suportes, para as frentes de trabalho apresentava problemas, o que justificaria as improvisações. Da mesma forma, tendo em vista a complexidade de execução da grande quantidade de instalações diferentes, pode-se assumir que não havia quantidade adequada de trabalhadores adequadamente treinados para o serviço.

Ademais, destaca-se a importância de duas consequências “Impede Atividade Subsequente” e “Causa Retrabalho” para o serviço. Isso pode ser observado pela posição destes dois nós, bem próximos do centro, e também pela espessura das setas que chegam a eles.

Em termos práticos, a dinâmica acima pode ser explicada pela quantidade de frentes de trabalho que são iniciadas, mas não podem ser dadas como finalizadas para a realização do serviço seguinte, seja pela falta de projetos, procedimentos corretos ou falta de mão de obra capaz, seja pela ausência de materiais apropriados. Esta situação pode ainda ter um outro desdobramento bastante comum, a aparente finalização do serviço sem um ou mais destes componentes, o que acaba fazendo com que seja necessário o retorno da equipe para realizar acabamentos após uma inspeção mais criteriosa do serviço.

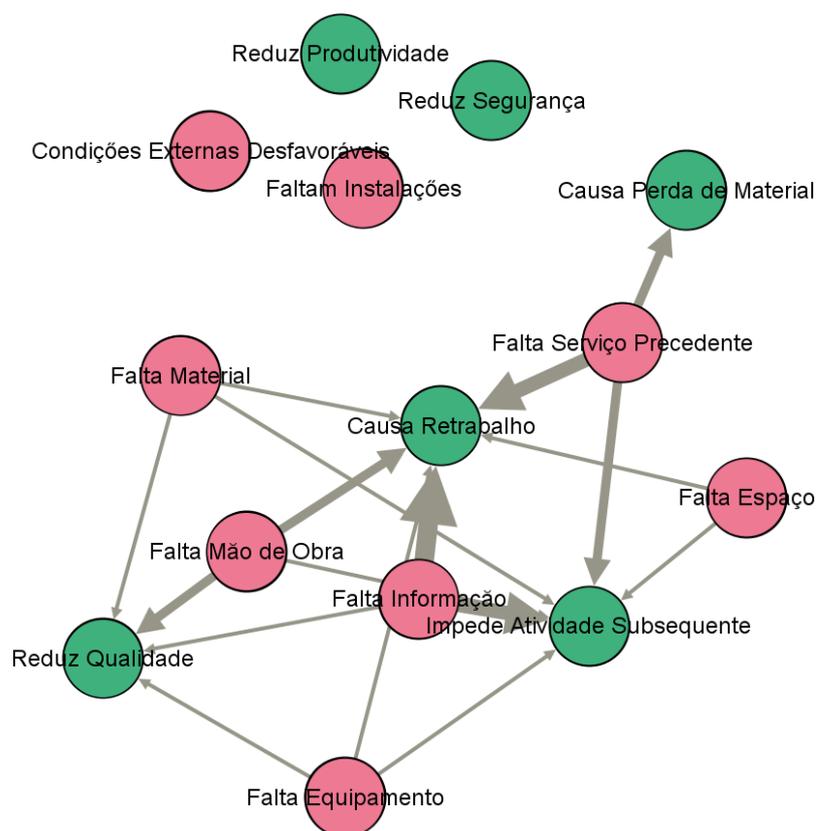
Outra condição bastante interessante que pode ser notada na análise mais específica do serviço, é que um número maior de causas torna-se secundário em relação às demais. Isso pode ser mais um indício de que as equipes do canteiro devem ter prioridades diferentes durante o planejamento de cada um dos serviços. É possível afirmar que os pré-requisitos para a execução de diferentes serviços não podem ser consideradas como sendo os mesmos. O mesmo pode ser dito a respeito do impacto das perdas em diferentes grupos de atividades. O corpo técnico de um empreendimento deve abordar de forma distinta os efeitos que as inadequações podem ter em diferentes serviços, apesar de as suas causas a princípio serem as mesmas.

Pode ser dado como exemplo da análise acima que um erro no procedimento de instalação da rede elétrica não terá necessariamente o mesmo efeito que uma falha no procedimento de fixação de placas de gesso acartonado. Como indicado nas análises realizadas até agora, é provável que em um serviço seja observado um aumento da perda de materiais, ao passo que no outro será perceptível um aumento nas frentes de trabalho em progresso.

### 6.3.2 Estrutura de concreto

O próximo serviço analisado é a execução da estrutura de concreto (Figura 19). Por ser um dos grupos de atividades mais frequentemente realizado na indústria da construção civil e pelo conhecimento relacionado à sua execução ser transmitido predominantemente de maneira informal, foi observado um significativo número de inadequações na sua execução.

**Figura 19 – Rede de interação da estrutura de concreto**



**Fonte: elaborada pelo autor**

De forma parecida ao observado na rede anterior, nesta é possível perceber que há nós que não interagem com o restante do sistema. Isto pode ser justificado pela natureza dos mesmos. Por parte das causas nota-se que “Condições Externas Desfavoráveis” e “Faltam Instalações” não têm relação com os demais, já as consequências “Reduz Produtividade” e “Reduz Segurança”.

Utilizando-se as condições externas como exemplo para o entendimento da análise acima, já há tecnologias atualmente que permitam que a mitigação dos efeitos do clima na execução da estrutura de uma edificação. É possível adiar-se a concretagem de um elemento caso haja previsão de chuva, pode-se utilizar mantas especiais para impedir que o concreto perca água

em excesso devido ao calor. No caso das instalações, tendo em vista a óbvia necessidade destas para que seja garantida a segurança do trabalhador durante a concretagem, é natural que não sejam um problema corriqueiro. Deste modo também pode-se explicar a insignificância da redução da segurança para a rede. Já em relação à produtividade, entende-se que pelo fato de ser um serviço relativamente simples e cujos procedimentos básicos são amplamente, variações sejam pouco frequentes.

Reforça-se novamente nesta rede a importância da falta de informações para o estudo realizado. Essa novamente tem relação com todas as possíveis consequências, bem como relações bastante fortes com elas. Nota-se também que o nó está posicionado no centro da rede. Em relação à consequências, destaca-se o retrabalho como o principal nó. É perceptível que ele tem relações relativamente fortes com os a maioria das causas, além de estar relacionada a todas elas.

Com base nas observações acima, deve-se salientar novamente a necessidade do estabelecimento de procedimentos padrão tanto para a etapa da concretagem quanto da desforma da estrutura de concreto, bem como a da adequada inserção da última no planejamento dos serviços do canteiro. Da mesma forma, a compatibilização dos projetos de instalações e estrutural deve ser criteriosamente estudada, visto que foi observada a realização de muitas furações em lajes já acabadas para a passagem de tubulações, mesmo já tendo sido previstas e executadas aberturas durante a etapa de concretagem. Observa-se ainda que parte destas aberturas possivelmente será fechada no futuro por não ser mais necessária.

A última situação explanada no parágrafo anterior pode ser entendida como uma das justificativas para o nó “Causa Retrabalho” ter tamanha relevância na rede. Contudo não pode ser considerada a única, visto que também deve-se considerar casos de falhas de concretagem, as quais precisam ser posteriormente recuperadas. Isso pode demonstrar que, não só ocorreram falhas no que diz respeito ao procedimento correto de concretagem, mas também demonstra que a qualificação dos profissionais responsáveis pelo serviço deve ser melhorada.

Além disso, é necessário analisar o papel falta de serviços precedentes para a rede. Pode-se observar que esta causa tem uma significância elevada para o sistema, tendo em vista a espessura das setas que saem deste nó.

A situação descrita no parágrafo anterior pode ser explicada pelo fato de que por vezes o serviço é considerado concluído, mesmo que ainda estejam faltando detalhes para a sua conclusão,

como por exemplo o tratamento das juntas de dilatação. Isso acaba ocasionando perdas nos serviços subsequentes, que serão realizados sobre a estrutura sem que este serviço esteja realmente finalizado.

Por fim, salienta-se novamente que alguns nós continuam tendo menor relevância para o sistema, mas que há algumas alterações em relação ao serviço anterior. Assim, corroborando a ideia de que diferentes serviços necessitam de diferentes cuidados e diferentes ações mitigadoras para suas perdas.

### **6.3.3 Vedações**

Na rede da figura 20 será analisada o sociograma do serviço de vedações. Pode-se perceber nessa rede que há uma alteração na disposição dos nós em relação às malhas anteriores. A parte mais central dos *hubs* era ocupada predominantemente pelas causas mais representativas, ao passo que, como será visto na sequência, no centro da próxima rede pode-se destacar a presença de duas consequências.

Os dois nós que se sobressaem dos demais são “Impede Atividade Subsequente” e “Causa Perda de Material”. Nas redes anteriores, um pequeno grupo de causas principais, acompanhadas por causas secundárias, gerava um grande número de consequências com pesos relativamente semelhantes. Em contraste, no caso da execução de vedações, um grande número de causas de peso aproximadamente igual gera uma variedade menor de consequências predominantes, acompanhadas de efeitos de menor importância.

A análise realizada acima pode ser um indicativo de que o corpo técnico da obra deve dar igual atenção ao planejamento das diferentes etapas do serviço, não havendo uma delas que seja de menor importância. Por exemplo, a contratação de mão de obra capacitada, a elaboração de procedimentos adequados e a disponibilização de materiais apropriados tem níveis de relevância bastante próximos.



as setas que chegam a estes nós são relativamente espessas e que eles têm relação com 60% das possíveis causas.

Por meio das observações acima, é possível afirmar que nas frentes de trabalho de vedações serão observadas simultaneamente mais de uma consequência das perdas por *making-do*. No canteiro de obra, é provável que, quando ocorra uma improvisação, ela acarrete conjuntamente perdas de material e retrabalho, ou até impossibilite a conclusão do serviço e reduza a sua qualidade final, por exemplo.

Por fim, destaca-se a posição do nó “Reduz Produtividade” em relação aos demais. Esta consequência tem significativamente menor relevância do que as outras. Além de estar posicionada na periferia da rede, ela tem relações comparativamente mais fracas com as causas.

A partir da constatação acima, é possível assumir que, mesmo que sejam tomadas ações para melhorar a produtividade das frentes de trabalho, como contratação de mão de obra adicional, é provável que não sejam obtidos resultados muito satisfatórios. Tendo em vista que não seriam sanadas as causas de perdas mais relevantes, como o estabelecimento de procedimentos padrão, a especificação de ferramentas ou a disponibilização adequada de materiais, é possível que as expectativas não sejam alcançadas.

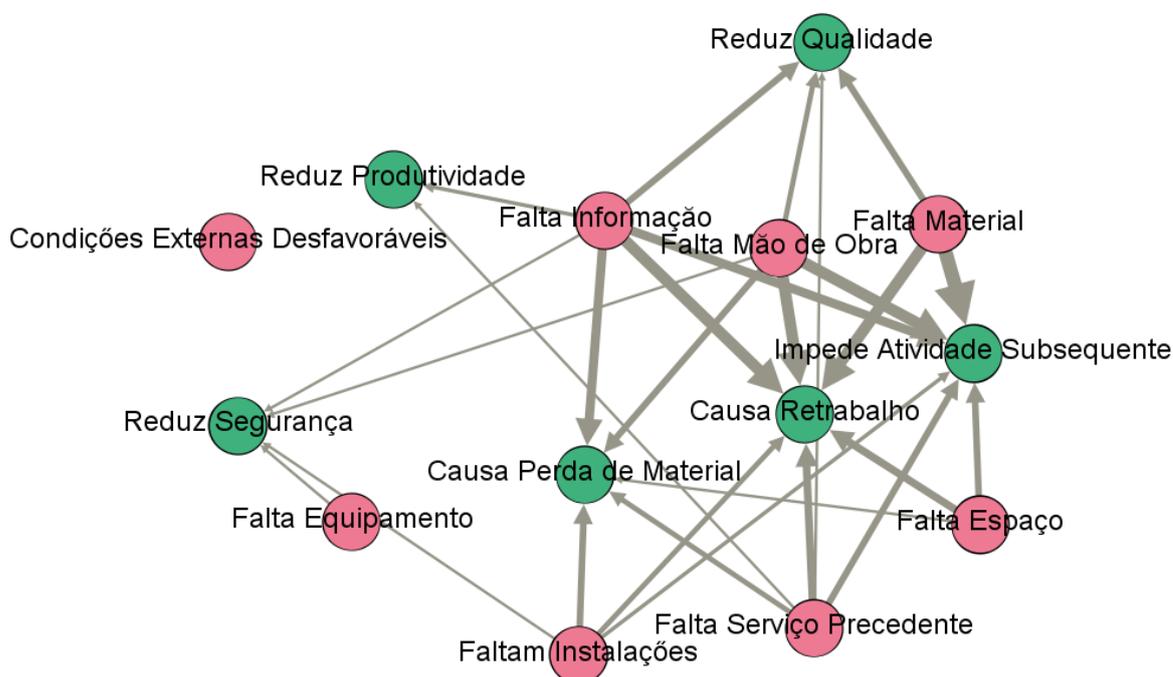
#### **6.3.4 Revestimentos**

O último grupo que diz respeito a serviços de transformação que será analisado será a execução de revestimentos (Figura 21). A exemplo da rede mostrada na imagem 20, essa também tem uma distribuição distinta das anteriores. Pode-se perceber que há uma série de consequências mais significativas que formam uma linha no entorno da qual estão localizadas as causas observadas. Já as consequências menos relevantes encontram-se bastante afastadas do restante da rede. Destaca-se também o grande número de relações entre causas e consequências que pode ser observado no grafo.

Apesar de haver certa simetria entre os grupos de causas localizados acima e abaixo do centro do grafo, pode-se perceber que eles não têm o mesmo nível de relevância. A distribuição das causas na rede aliada à força de suas relações permite afirmar que as presentes na parte superior são mais significativas do que aquelas na parte inferior da rede.

Em termos práticos, com base na análise acima pode-se assumir que é mais provável que perdas sejam causadas pela falta de um procedimento padrão para o assentamento de revestimentos cerâmicos do que pela falta de acesso à área de trabalho. Ou ainda, que é mais provável que tenham sido tomadas as medidas necessárias para garantir a disponibilidade de andaimes, enquanto que as para se garantir a contratação de mão de obra adequada foram negligenciadas na obra estudada.

**Figura 21 – Rede de interação dos revestimentos**



**Fonte: elaborada pelo autor**

A imagem 21 nos permite observar que o retrabalho é uma consequência bastante frequente deste serviço. As relações que este nó tem com os nós do grupo de causas são fortes em comparação com os demais. Além disso, ele tem relação com a maior parte das causas e está localizado no centro da rede.

Por meio desta informação, pode-se entender que perdas por *making-do* em serviços de revestimento frequentemente acarretam retrabalhos. Devido ao alto número de relações presentes na rede, contudo, também é possível afirmar que estas perdas não tem uma única origem, sendo portanto causadas pela ação conjunta de diversos fatores. Isso pode significar que a prevenção deste tipo de perda em serviços de revestimento é tornada mais complexa.

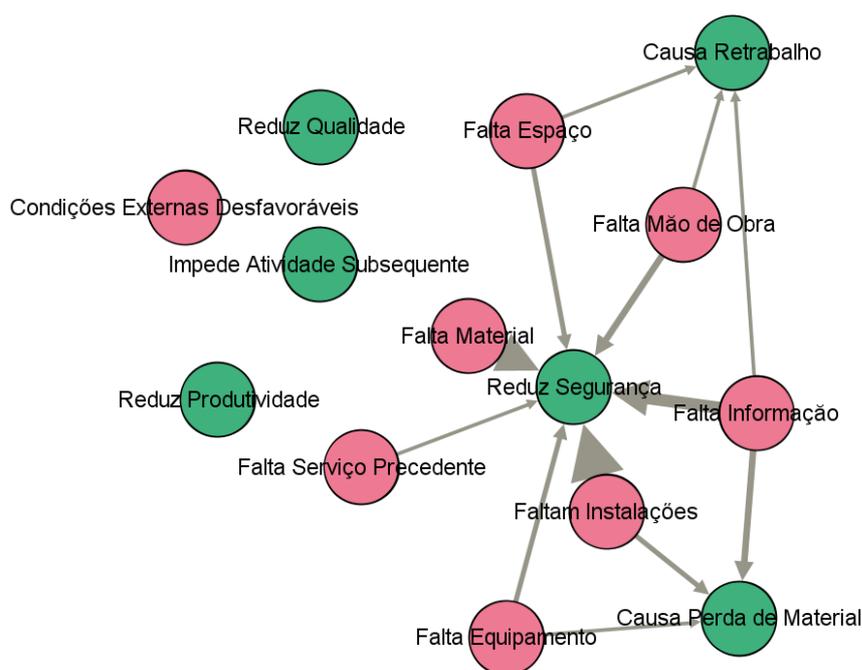
Em relação às consequências das perdas, observa-se que os três nós que não estão na área central da rede, “Reduz Qualidade”, “Reduz Produtividade” e “Reduz Segurança”, tem relevância bastante menor do que os demais. Eles têm também relação como um número comparativamente menor de causa, além destas não serem fortes.

Pode-se entender, portanto, que o corpo técnico da obra deve dar mais atenção à redução do retrabalho e das perdas, bem como garantir que a finalização adequada dos serviços do que ao aumento da produtividade. Baseado nesta análise, é possível concluir, por exemplo, que, por mais que se busque aumentar a produtividade do serviço aumentando a mão de obra disponível, é provável que ela não seja alterada significativamente. Caso essa medida seja tomada, também serão aumentados os retrabalho, a quantidade de trabalho em progresso e as perdas de materiais, impossibilitando um aumento real da produtividade e da qualidade.

### 6.3.5 Segurança do trabalho

Como poderá ser observado a seguir, o serviço “Segurança do Trabalho” apresenta uma rede de interação bastante distinta das anteriores (Figura 22). Isso deve-se provavelmente à sua característica de ser um serviço de apoio da produção, diferentemente dos demais, resultando em interações distintas entre causas e consequências.

**Figura 22 – Rede de interação da segurança do trabalho**



**Fonte: elaborada pelo autor**

Inicialmente, pode-se perceber que o nó predominante nesta rede é “Reduz Segurança”. Chega-se a esta conclusão quando se observa que ele se encontra no centro do grafo. Além disso, as suas relações são bastante mais próximas à todas as possíveis causas do que as das demais consequências, as quais não tem relação com todas as causas.

Tendo em vista que qualquer falha nos procedimentos de segurança de um canteiro de obras levará à redução da segurança dos trabalhadores. Independentemente da causa responsável pela falha, seja esta planejamento incorreto de procedimento e instalações, execução equivocada de instalações, acessibilidade restrita à área de trabalho ou falta de EPIs, se aumentará os riscos de acidente. Portanto a análise feita no parágrafo anterior pode ser considerada plausível.

Analisando-se agora os nós que não têm relação com os demais do sistema, percebe-se que entre eles estão aquelas consequências que dizem respeito aos serviços de transformação. Esta disposição se justifica, dado que este serviço tem a característica de dar suporte à obra e não compreende serviços de conversão. Destaca-se também a presença da causa “Condições Externas Desfavoráveis” neste grupo, o que demonstra mais uma vez que as condições climáticas adversas podem ser previstas e serviços que sofreriam interferência replanejadas.

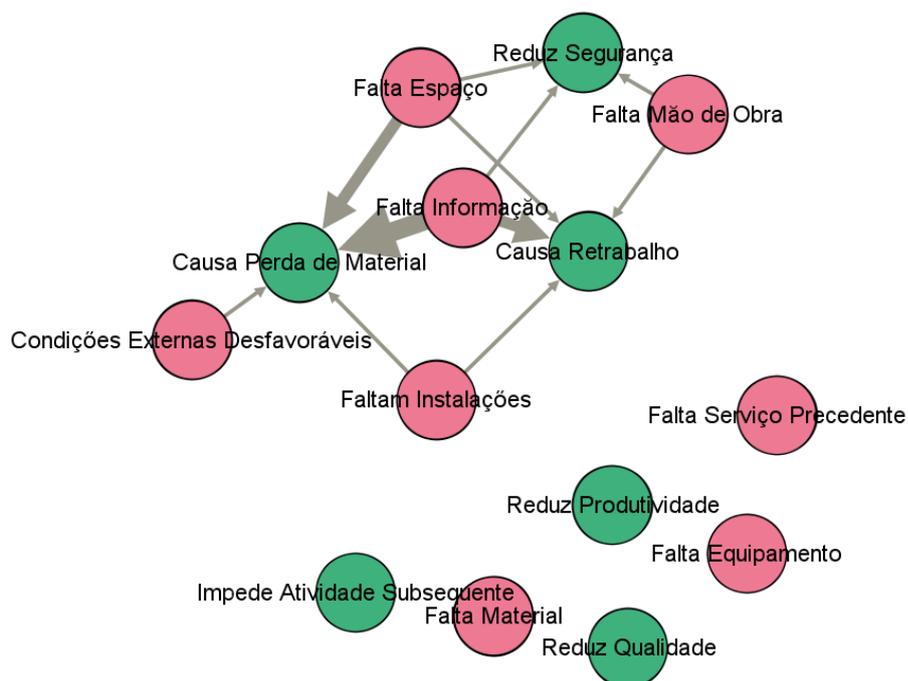
Pode ser salientado também que a causa “Faltam Instalações” torna-se uma causa predominante para este serviço. Observa-se que este nó tem a relação mais forte com o nó “Reduz Segurança”, além de ter relação como o nó “Causa Perda de Material”.

Pode-se tomar a observação acima como mais uma evidência da ideia de que as diferentes causas têm diferentes níveis de relevância para dado serviço do canteiro. Quando comparadas com as redes anteriores, percebe-se que somente na atual essa causa é a mais relevante.

### **6.3.6 Armazenamento de materiais**

O último serviço a ser analisado será o armazenamento de materiais (Figura 23). A exemplo da segurança do trabalho, este diz respeito a serviços de apoio a produção. Portanto, já é esperado que seja formada uma rede significativamente dos demais grupos de atividades, que são predominantemente de transformação.

**Figura 23 – Rede de interação do armazenamento de materiais**



**Fonte: elaborada pelo autor**

Como pode ser notado, uma parcela significativa das possíveis causas e consequências não exerce influência na rede. Esta situação pode ser explicada pelas características do serviço. Por não ser relacionado diretamente à produção, consequências como “Reduz Produtividade”, “Reduz Qualidade” e “Impede Atividade Subsequente” provavelmente não têm importância nas interações deste serviço. De modo semelhante, o fato das causas como “Falta Serviço Precedente” e “Falta Material” não serem significativos também podem ser justificados. Contudo chama a atenção a causa “Falta Equipamento” também estar no grupo, visto que é indispensável o uso de equipamento específicos para o transporte de insumos de maiores dimensões ou de peso elevado. Isso pode ser explicado pelo fato de o estudo focar em uma obra de grande porte, sendo assim basicamente necessária a utilização de guias, elevadores cremalheira e mini carregadeiras para atender à demanda do canteiro.

Uma característica desta rede que a destaca das demais é ela ser uma das duas que apresenta “Condições Externas Desfavoráveis” como uma de suas possíveis causas. Contudo, salienta-se que esta continua apresentando uma caráter secundário, tendo em vista o seu posicionamento em relação aos demais nós.

Pode-se justificar a condição observada acima pelo fato de que apenas a ocorrência de condições climáticas adversas não acarreta perdas, sendo necessário que haja também falha nos procedimentos, que o espaço destinado ao armazenamento seja inadequado ou insuficiente ou que as instalações destinadas à estocagem sejam impróprias.

Novamente é necessário se destacar a predominância que a causa “Falta de Informações” sobre mais essa rede de interação, o que é evidenciado pela sua centralidade no *hub*, bem como pela espessura das setas que saem do nó. Além disso, ela tem novamente tem relação com todas as possíveis consequências.

A situação acima demonstra outra vez a importância do estabelecimento de planos formais para os serviços. Neste caso especificamente, é necessário que haja um planejamento acerca da logística do canteiro, desde quando se dará o descarregamento dos materiais, onde serão armazenados enquanto esperam transporte para a frente de trabalho, até como serão transportados uma vez dentro do canteiro. Salienta-se ainda que é imprescindível que este planejamento seja realizado levando-se em consideração a logística de todos os serviços do canteiro, a fim de mitigar interferências.

Analisando-se agora as consequências observadas neste serviço, além da perda de materiais, que será analisada na sequência, foram observadas a redução da segurança e a ocorrência de retrabalhos. Ambos, apesar de terem relações com a maioria dos demais nós, podem ser considerados como menos relevantes, visto que estão posicionado na periferia da rede.

A primeira observação acerca da análise feita acima diz respeito ao que, no caso deste grupo de atividades, se pode considerar um estágio anterior à perda de materiais, o retrabalho. Diz-se isso pois no caso deste serviço ainda é possível que o material seja recuperado e utilizado apesar ter sofrido avarias. Já a segunda observação diz respeito à redução da segurança. Há casos em que o armazenamento ou transporte de materiais é feito inadequadamente, por exemplo, casos em que o material não é devidamente isolado ou em que não são usados os EPIs adequados.

Por fim salienta-se aquela que provavelmente seja a consequência mais evidente de falhas neste serviço, a perda de materiais. Constata-se que este nó tem relações bastante fortes com metade das causas, além de ser a única consequência relacionada a uma delas. Também é notado que esta consequência está localizada no centro da rede.

A análise acima se justifica, dado que a parte mais significativa das perdas geradas pelo armazenamento e transporte inadequados de materiais, é a perda dos mesmos. Entretanto é notável que, no estudo realizado, estas perdas não estão diretamente associadas à ação da mão de obra do canteiro. Pode-se entender que, apesar de a mão de obra ser responsável pela execução do transporte e do armazenamento, recai sobre o corpo técnico da obra o papel de estabelecer os procedimentos adequados, prever as instalações necessárias e planejar a logística.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na revisão bibliográfica feita a respeito das perdas por improvisação, em especial as causadas por *making-do*, e do processo de planejamento e controle da produção, foi conduzido um estudo de caso considerando os dados de uma obra hospitalar pública em Porto Alegre/RS. O objetivo do estudo consistiu em analisar as causas e consequências das perdas por improvisação na linha de produção de um canteiro de obras. Para tanto, foi realizada análise de rede relacionado as possíveis causas e consequências das perdas por improvisação no canteiro.

Inicialmente, foi possível constatar que a relevância de uma causa varia de acordo com o serviço que está sendo analisado, o mesmo podendo ser dito a respeito das consequências das improvisações. Desta forma, é imprescindível que o corpo técnico responsável pela obra analise as frentes de trabalho individualmente para tomar a decisão mais adequada. Do mesmo modo, foi possível constatar que existem dentro de cada serviço causas e consequências que podem ser consideradas menos relevantes, o que evidencia a necessidade de hierarquizar as soluções que serão adotadas, de modo que sejam priorizadas as causas e consequências mais relevantes para cada frente de trabalho.

Empiricamente, isso implica em: quando deseja-se reduzir as perdas relacionadas a um processo específico, é preciso analisar as principais causas e consequências relacionadas a este processo, pois o grau de relação entre elas varia de acordo com o serviço analisado. Um exemplo desta diferença pode ser obtido a partir da análise das redes dos serviços de estrutura de concreto e vedações. Para o primeiro, o retrabalho e o excesso de trabalho em progresso representam nessa ordem as principais consequências da improvisação, enquanto que a falta de informação e a não finalização de serviços predecessores constituem as principais causas. Para o segundo serviço, o excesso de trabalho em progresso e as perdas de material são nessa sequência as principais consequências, mas não se pode destacar apenas duas causas principais dada a grande relevância de todas as analisadas.

Apesar de haver alternância no nível de importância das causas entre as diferentes grupos de atividades, a falta de informações destaca-se por estar sempre entre as mais relevantes independentemente do serviço analisado. Pode-se entender por isso que o estabelecimento de um sistema formal de planejamento e controle de produção, desde elaboração de planos de ataque, passando pela logística do canteiro, até o estabelecimento de procedimentos padrão, é indispensável para se evitar improvisações e as perdas associadas.

Ressalta-se ainda que serviços de apoio a produção têm pré-requisitos de planejamento e controle distintos dos serviços de transformação. O corpo técnico do canteiro de obras deve, portanto, dispensar a estas tratamento diferente durante as etapas de planejamento.

Por fim, é importante destacar que, por vezes, para se ter um aumento real da produtividade das equipes no canteiro de obras, é necessário que sejam sanadas as causas de diversos outros problemas observados, tais como excesso de trabalho em progresso e retrabalho. Apenas o incremento da mão de obra ou alteração do método construtivo, provavelmente não gerará aumento significativo de produção. Torna-se imprescindível que sejam implementadas outras medidas, como formalização de procedimentos padrão para os serviços ou de um controle de qualidade eficiente, para que as frentes de trabalho realmente tenham aumento em sua produtividade.

## REFERÊNCIAS

- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE v.124 n.1, p.11-17, Nova York, 1998.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Update on Last Planner. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 11. Blacksburg, 2003. **Proceedings...** Blacksburg, 2003.
- BALLARD, G. Lookahead Planning: The missing Link in Production Control. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION ANNUAL CONFERENCE, 5. Gold Coast, 1997. **Proceedings...** Gold Coast, 1997.
- BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. Ph.D. Thesis, University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- BALLARD, G.; HAMMOND, J.; NICKERSON, R. Production Control Principles. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION ANNUAL CONFERENCE, 17. Taipei, 2009. **Proceedings...** Taipei, 2009.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas da Construção**. Tese de Doutorado (Doutos em Engenharia Civil). Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- CHERVEN, K. **Network Graph Analysis and Visualization with Gephi**. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2013.
- HAMZEH, F.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow. **Lean Construction Journal**, p.15-34, 2012.
- EASLY, D.; KLEINBERG, J. **Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- FIREMAN, M.; **Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais**. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Civil). Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FORMOSO, C. T. (Org.) **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

FORMOSO, C. T.; SOMMER, L.; KOSKELA, L.; ISATTO, E. L. The identification and analysis of making-do waste: insights from two Brazilian construction sites. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 183-197, jul./set. 2017.

INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. **About**. 2016. Disponível em: <<http://www.igcl2016.com/about>>. Acesso em: 16 jul. 2016.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M. DE; HIROTA, E. H.; ALVES, T. da C.L. **A. Lean Construction: Diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: Sebrae, 2000. Série Construção Civil n.5.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE Technical Report, n. 72: Center for Integrated Facility Engineering, Salford, 1992.

KOSKELA, L. **An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction**. Ph.D. Thesis, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2000.

KOSKELA, L. Making-do: the eighth category of waste. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION ANNUAL CONFERENCE, 12. Elsinore, 2004. **Proceedings...** Elsinore, 2004.

KOSKELA, L.; SACKS, R; ROOKE, J. **A brief history of the concept of waste in production**. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego, 2012.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is Construction Planning Really Doing Its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process. **Construction Management and Economics**, n. 5. 1987.

LEETARU, K. H. **Culturomics 2.0: Forecasting Large-scale human behavior using global news media tone in time and space**. First Monday, v. 16, n. 9. 2011.

LEVINE, A.; LUCK, J. **The new management paradigm: A review of principles and practices**. Santa Monica: Rand, 1994.

MORENO, J. L. **Who shall survive: A new approach to the problem of human interrelations**. Nervous and Mental Disease Publishing Co., 1934.

OHNO, T. **Toyota Production System**. Portland: Productivity Press, 1988.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Bookman, Porto Alegre, 1997.

OTTE, E; ROUSSEAU, R. Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. **Journal of Information Science**, n. 28, p 441-453. 2012.

RONEN, B. The complete kit concept. **International Journal of Production**. Taylor & Francis, v. 30, n.10, p.2457-2466, London, 1992.

RUOHONEN, K. **Graph Theory**. Tampere: Tampere University of Technology, 2013.

SHINGO, S. **Non-Stock Production**. Cambridge, Mass: Productivity, 1989.

SMALLEY, A. Estabilidade é a base para o sucesso da produção *lean*. Tradução: Odier Tadashi. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/94/estabilidade-e-a-base-para-o-sucesso-da-producao-lean.aspx>> 2005. Acesso em julho de 2017.

SOILBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e controle**. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993

SOMMER, L.; **Contribuições para um Método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. Look-ahead Planning: screening and pulling. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 2. São Paulo, 1997. **Proceedings...** São Paulo, 1997.

VIANA, D.D.; FORMOSO, C.T.; KALSAAS, B.T. Waste in construction: A systematic literature review on empirical studies. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego, 2012.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 5. ed. Thousand Oaks, California: SAGE Publications, 2015.