

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS VITIVÍNICOLAS E COMPOSTOS
ORGÂNICOS COMERCIAIS DA SERRA GAÚCHA**

NAIHANA SCHÄFFER

Dissertação

Porto Alegre (RS) Brasil

Fevereiro de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS VITIVÍNICOLAS E COMPOSTOS
ORGÂNICOS COMERCIAIS DA SERRA GAÚCHA**

NAIHANA SCHÄFFER
Engenheira Agrônoma (UFRGS)

Dissertação apresentada como
um dos requisitos à obtenção do
Grau de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil
Fevereiro de 2015

CIP - Catalogação na Publicação

SCHÄFFER, NAIHANA
CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS VITIVINÍCOLAS E
COMPOSTOS ORGÂNICOS COMERCIAIS DA SERRA GAÚCHA /
NAIHANA SCHÄFFER. -- 2015.
89 f.

Orientador: CARLOS GUSTAVO TORNQUIST.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, BR-
RS, 2015.

1. RESÍDUOS VITIVINÍCOLAS. 2. FENÓLICOS. 3.
RECICLAGEM DE NUTRIENTES. 4. COMPOSTAGEM. 5.
MINERALIZAÇÃO DE CARBONO. I. TORNQUIST, CARLOS
GUSTAVO, orient. II. Título.

NAIHANA SCHAFFER

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS VITIVÍNICOLAS E COMPOSTOS ORGÂNICOS
COMERCIAIS DA SERRA GAÚCHA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em
Ciência do Solo.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2015.
Homologada em 18 de agosto de 2015.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Flávio Anastácio de Oliveira Camargo
UFRGS

Prof. Carlos Alberto Bissani
UFRGS

Dr. George Wellington Bastos de Melo
EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho

Orientador- Prof. Carlos Gustavo Tornquist
UFRGS

“Sábria agricultura é sinônimo de nação forte e rica, e é certamente o camponês ativo e instruído a causa da prosperidade e grandeza da Pátria.”

Celeste Gobbato

AGRADECIMENTOS

Ao Pai maior que permitiu mais uma vez vir a esse plano para evoluir. Apesar de saber que aqui não é um mundo da felicidade plena, Ele permitiu que eu viesse para um lar com muito amor e encontrassem pessoas que realmente me fizeram sentir o que é a felicidade.

Aos meus pais pelo amor incondicional e pelo incentivo a não parar de estudar, sabendo da importância do conhecimento na vida do ser humano, pois é o único bem que não podem tomar de ti.

Aos meus irmãos, Karen e Marcos, por estarem sempre ao meu lado dividindo os momentos mais marcantes. Por darem uma palavra de apoio ou contando "causos" para alegrar meus dias.

Ao Antônio, meu sobrinho e afilhado, que mesmo pequeno não sabe a importância que tem na minha vida.

Ao Lisandro, por ter acreditado em mim, por estar todos os dias ao meu lado me incentivando, me apoiando e, de certa forma, me aturando.

Ao Leco e a Délia, por terem nos acolhido no seu "galpão das festas", hoje nossa casa, pelas boias, as risadas, o mate e pelo amor de pai e de mãe.

Ao professor Carlos Gustavo Tornquist, pelo convite em trabalhar com resíduos de uva e, acima de tudo pela paciência, confiança e amizade.

A todos os professores e funcionários do PPG-Ciência do Solo que me auxiliaram na construção do conhecimento.

Ao Jader, secretário do PPG por sempre tão prontamente nos auxilia nessa caminhada.

Aos professores do ICTA-UFRGS (Instituto de Ciência e Tecnologia dos Alimentos): Vitor Manfroi pela co-orientação, e ao Alessandro de Oliveira Rios, por ter me auxiliado na quantificação dos compostos fenólicos totais.

Aos colegas da pós-graduação: Patrícia Giovanella, Filipe Selau, Jessica, Vanessa, Catiline, Paula, Joelma, Carol, Estéfane, Tatiele, Luis

Fernando, Fernando Arnuti, Fabricio, pela intensa amizade e companheirismo nessa caminhada. Em especial ao José Bernardo e Amanda P. Martins que, além da amizade e companheirismo, tão gentilmente me auxiliaram na estatística.

À todos os funcionários do Laboratório de Análise de Solos (LAS-UFRGS), pela amizade e colaboração que dispensaram a mim durante esse período, mas em especial a Taís e a Bernadete que me ensinaram muito.

Às vinícolas da ASPROVINHO que gentilmente cederam os resíduos de vinificação e às empresas de tratamento de resíduos que cederam os compostos orgânicos à base de resíduo de uva e as informações técnicas importantes para a execução desse trabalho;

Ao povo brasileiro, que sofre e muito para conseguir o pão de cada dia, paga impostos que, conforme a "vontade" dos nossos governantes é repassado para a manutenção do Ensino (Básico, Médio, Graduação, Pós-graduação) e da Pesquisa, tão importantes para o desenvolvimento dessa nação.

Obrigada a todos!

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS VITIVINÍCOLAS E COMPOSTOS ORGÂNICOS COMERCIAIS DA SERRA GAÚCHA¹

Autor: Naihana Schäffer

Orientador: Eng. Agr. Dr. Carlos Gustavo Tornquist

Co-Orientador: Eng. Agr. Dr. Vitor Manfroi

RESUMO

A indústria vitivinícola produz resíduos que contêm matéria orgânica, nutrientes e compostos bioativos, os quais podem ser reciclados e utilizados na agricultura e na indústria. Este estudo exploratório teve por objetivo avaliar: a) a composição química de resíduos sólidos de uvas tintas e brancas (bagaço, engaço e borras) da safra 2013/2014 de Pinto Bandeira/RS; b) a composição de compostos orgânicos comerciais à base de resíduos de uva de três empresas (A, B, C); c) a taxa de mineralização destes compostos pela evolução de C-CO₂ em microcosmo. Os maiores teores de compostos fenólicos totais encontram-se no engaço de uva Merlot (6.771,42 mg EAG 100 g⁻¹ MS) e na semente de uva Chardonay (4.946,51 mg EAG 100 g⁻¹ MS), e os menores teores na pele de Chardonay (218,56 mg EAG 100 g⁻¹ MS). O teor de N foi maior no bagaço de Merlot (2,00%) e menor no engaço de Isabel (0,73%). O maior teor K encontra-se no engaço de Chardonay (2,64%). A maior relação C/N é no engaço, independente da uva analisada variando de 36 a 47. O teor de Cu foi analisado devido às freqüentes aplicações de sulfato de cobre nos vinhedos. Houve variação nos resíduos das uvas analisadas, sendo maior no engaço de Merlot (322,82 mg kg⁻¹) e menor no bagaço de Chardonay (24,35 mg kg⁻¹). A borra é diferenciada dos demais resíduos tendo consistência pastosa. O teor de N nesse material foi menor comparação aos demais variando de 0,05 a 0,45%. O teor de K variou de 0,70 a 2,20%. Os três compostos orgânicos comerciais se adéquam nos parâmetros exigidos na legislação brasileira quanto aos teores de nutrientes. Apesar de não requerido um ensaio de germinação foi conduzido para avaliar a maturação dos compostos orgânicos. O composto B foi o único a se enquadrar aos critérios de qualidade preconizados pela FCQAO (Alemanha), sendo estes relacionados ao rendimento em massa úmida das plantas acima de 90%. A atividade microbiana aumentou com doses crescentes em todos os compostos orgânicos avaliados sendo mais pronunciado na empresa A e C. A fração de mineralização de carbono para o composto B foi menor (p<0,05) devido o material conter sementes e engaço praticamente inteiros e estes conterem altos teores de lignina que é de difícil degradação pela microbiota do solo.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (76p.) Fevereiro, 2015. Trabalho realizado com apoio financeiro do CNPq.

CHARACTERIZATION OF WINERY RESIDUES AND COMMERCIAL COMPOST FROM SOUTHERN BRAZIL¹

Author: Naihana Schäffer

Adviser: Eng. Agr. Dr.. Carlos Gustavo Tornquist

Co-Adviser: Eng. Agr. Dr. Vitor Manfroi

ABSTRACT

The wine industry produces waste containing organic matter, nutrients and bioactive compounds, which could be recycled and used in agriculture and industry. This exploratory study evaluated: a) the chemical composition of solid wastes from red and white grapes (bagasse, stems, lees and filtered solids) from 2013/2014 grape harvest in Pinto Bandeira (Rio Grande do Sul state); b) the composition of commercial compost of grape residues from three producers; c) *in vitro* compost mineralization dynamics. High phenolic compounds were found in grape stems from Merlot (6771.42 mg EAG 100 g⁻¹ DM) and Chardonnay seeds (4946.51 mg EAG 100 g⁻¹ DM); the lowest content was determined in Chardonnay grape skins (218.56 mg GAE 100 g⁻¹ DM). The N content of the residue was higher in Merlot pomace (2.00%) and lowest in stems of Isabel grapes (0.73%), and highest K content (2.64%) in stems of Chardonnay grapes. The C/N ratio ranged from 36 to 47, and were highest in stems, regardless of grape variety. Copper content was investigated because of frequent applications of copper sulfate in the vineyards. There was large variation in Cu content in residues: highest in stems of Merlot (322.82 mg kg⁻¹) and lowest in bagasse of Chardonnay grapes (24.35 mg kg⁻¹). Lees and filtered solids have slushy consistency of sludge, with N content lower than other wastes (0.05 to 0.45%) and K content ranging from 0.70 to 2.20%. The three commercial composts studied met the requirements imposed by Brazilian compost regulation. An additional germination test, conducted to evaluate compost maturation showed that only one of the studied composts complied with the quality criteria FCQAO (Germany). Microbial activity as estimated from *in vitro* incubations showed positive correlation with amounts of compost applied. The C mineralization fraction of one of the composts was significantly lower ($p < 0.05$) than the others because it contained undecomposed seeds and stems, residues with high lignin content that are slowly decomposed by soil microorganisms.

¹ Master of Science Dissertation in Soil Science. Geraduate Program in Soil Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (76p). February, 2015.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 A viticultura no Brasil	3
2.2 Industrializações da uva	3
2.2.1 A vinificação da uva.....	4
2.3 Resíduos de vinificação	6
2.2.1 Efluentes vinícolas.....	8
2.2.2 Bagaço	9
2.2.3 Semente	10
2.2.4 Engaço	11
2.2.5 Borra e sarro	11
2.2.6 Terras de filtração.....	12
2.4 Compostos fenólicos.....	12
2.5 Destinação do resíduo de uva	13
2.6 Legislação	16
2.7 Compostagem	17
2.7.1 Compostagem do resíduo de uva	19
2.7.2 Qualidade do composto orgânico	20
2.7.3 Uso do composto orgânico na agricultura.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Caracterização do solo	27
3.2 Caracterização do resíduo vitivinícola.....	28
3.2.1 Análises físico-químicas básicas	28

3.2.3 Análises de compostos fenólicos totais	29
3.3 Análise do composto orgânico a base de resíduo vitivinícola.....	30
3.4 Avaliação do grau de maturação de compostos orgânicos	32
3.4.1 Ensaio expedito de avaliação da fitotoxicidade.....	32
3.5 Ensaio para verificação do consumo de compostos de carbono pela microbiota do solo.....	34
3.6 Análise estatística	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Resíduos de vinificação	37
4.1.1 Caracterização físico-química.....	37
4.1.2 Avaliação de compostos fenólicos totais	42
4.2 Composto orgânico à base de resíduo vitivinícola	44
4.3 Ensaio de maturação do composto.....	48
4.4 Consumo de compostos de carbono pela microbiota do solo	51
5. CONCLUSÕES.....	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS	73

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estrutura do cacho e das bagas de uva.....	4
Figura 2. A- Leira de compostagem da empresa A; B-resíduo de uvas em processo de compostagem.....	30
Figura 3. A - leira de compostagem da empresa B; B - resíduo de uva em processo de compostagem.....	31
Figura 4. Pátio de compostagem da empresa C; B- composto orgânico à base de resíduos de uva.	31
Figura 5. Unidades experimentais do ensaio de avaliação da fitotoxicidade do composto orgânico.	33
Figura 6. Unidades experimentais do ensaio de respirometria.....	34
Figura 7. Evolução cumulativa de C-CO ₂ (mg kg ⁻¹) do composto orgânico A...55	
Figura 8. Evolução cumulativa de C-CO ₂ (mg kg ⁻¹) do composto orgânico B...55	
Figura 9. Evolução cumulativa de C-CO ₂ (mg kg ⁻¹) do composto orgânico C...56	

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

Tabela 1. Resíduos produzidos durante as operações de vinificação	7
Tabela 2. Categorias de substâncias orgânicas quanto ao grau de disponibilidade para decomposição microbiana.....	18
Tabela 3. Caracterização química do resíduo de uva e do composto orgânico de resíduo de uva após 25 dias	20
Tabela 4. Métodos usados para avaliar a estabilidade e maturidade do composto orgânico	23
Tabela 5. Atributos do solo utilizado para avaliação da maturação do composto orgânico e para a atividade microbológica a partir da evolução de C-CO ₂ em microsso.....	28
Tabela 6. Caracterização físico-química dos resíduos sólidos de vinificação ..	40
Tabela 7. Caracterização físico-química das borras de uvas.....	41
Tabela 8. Teor de compostos fenólicos totais dos diferentes resíduos sólidos de vinificação.....	43
Tabela 9. Caracterização físico-química do composto orgânico à base de resíduo de uvas.....	46
Tabela 10. Atributos físico-químicos requeridos pela IN MAPA 17/2007 para composto orgânico comercial, obtidos de empresas.....	49
Tabela 11. Rendimento de massa úmida para as diferentes proporções de compostos orgânicos A, B e C avaliados.....	50
Tabela 12. Análise de regressão da produção acumulada de C-CO ₂ em função da incubação de misturas de composto: solo até 100 dias.....	54
Tabela 13. Fração mineralizada de C orgânico (FMC) adicionado ao solo após 120 dias de incubação de diferentes taxas de aplicação de compostos orgânicos.....	57

1. INTRODUÇÃO

A vitivinicultura é uma atividade de grande relevância sócio-econômica no Rio Grande do Sul. Assim como outras agroindústrias, em várias etapas do processo produtivo são gerados resíduos como bagaço, engaço, borras e terras filtrantes, além de efluentes líquidos derivados da limpeza das instalações. Estes materiais têm características físicas e químicas bastante variáveis, que determinadas de acordo com a região produtora, da tecnologia utilizada no processo e no porte da indústria processadora.

Quantidades expressivas de resíduos são geradas sazonalmente o que dificulta e encarece a gestão ambiental da atividade. Esses resíduos podem ser poluentes do solo e das águas quando não são tratados adequadamente. Parte deste material tem destino incerto e, eventualmente, não atende a legislação ambiental vigente. As ausências de normativas nacionais específicas sobre esse assunto impedem que sejam implementados processos e sistemas capazes de valorizar e aproveitar esse material, conseqüentemente reduzindo o seu impacto ambiental.

Por outro lado, a necessidade de destinação adequada cria a oportunidade para empreendimentos para tratamento e reciclagem destes resíduos. Existe potencial de uso agrícola e industrial: concentrações importantes de nutrientes indicam a destinação para a produção de fertilizantes orgânicos; compostos bioativos (polifenóis, antocianinas, taninos, e óleos) são de interesse para a indústria química, farmacêutica e alimentícia.

Os objetivos deste trabalho são: avaliar o potencial de uso dos resíduos vitivinícolas, caracterizando-os quanto: aspectos químicos e físicos desse material no contexto do município Pinto Bandeira (RS); avaliar o composto orgânico originado a partir dos resíduos vitivinícolas com base em metodologias oficiais para avaliação desse produto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A informação científica é limitada quanto aos usos e destinos dos resíduos da indústria vitivinícola, embora o cultivo e processamento de uva (*Vitis* sp.) ser uma atividade bastante importante para o Rio Grande do Sul.

A região da Serra Gaúcha concentra a maior parte da produção de vinhos e espumantes do Brasil. Por sua reconhecida excelência produtiva nesse segmento, alavancada pelo turismo, a preocupação no ambiente ambiental surgem no contexto da região devido à pressão de órgãos ambientais.

Devido às exigências legais quanto ao destino dado a esse resíduo, principalmente devido ao grande volume produzido, por um curto período de tempo (3 a 4 meses), e pelo potencial risco de contaminação ao meio ambiente e, conseqüentemente, à saúde pública.

Primeiramente, o resíduo deve ser avaliado pelo seu potencial de uso como insumo e não como um material que precise de descarte. Muito precisa ser feito nesse aspecto, tanto do ponto de vista técnico quanto político e as soluções técnicas para isso precisam ser compatíveis com as políticas ambientais específicas para a região. Assim, as ações deveriam se concentrar primeiramente no aproveitamento industrial e, posteriormente, na reciclagem para aplicação em áreas degradadas, na agricultura e em florestas.

Aos poucos, nota-se o estabelecimento de empresas na região que reciclam, via compostagem, o resíduo da vinificação da uva devido a demanda das vinícolas em dar destino a esse material. Mas muitos produtos poderiam ser extraídos antes de um descarte final como, por exemplo: óleos, corantes, compostos bioativos, álcool, etc.

A seguir serão abordados alguns aspectos referentes à atividade vitivinícola em relação à produção dos resíduos durante a industrialização da

uva, dando ênfase na descrição do processo e no tipo de resíduo gerado e no aproveitamento desse material.

2.1 A viticultura no Brasil

O Brasil ocupa a 11^a posição na produção mundial de uva com 1.542.070 toneladas (FAO, 2011). Dentre os estados produtores no Brasil, o Rio Grande do Sul é o maior produtor e, na safra 2012/2013, produziu 611,3 milhões de kg destinados para a indústria. A área cultivada no RS, em 2012, foi de 41.076,33 ha divididos 28 microrregiões produtoras (Mello & Machado, 2013). Com cerca de 32 mil hectares de vinhedos, a Serra Gaúcha, localizada na região Nordeste do estado do Rio Grande do Sul, é a maior região vitícola do Brasil (Protas & Camargo, 2011).

Essa região tornou-se referência nacional na produção de vinhos e espumantes desde os primórdios da produção de uvas e vinhos no Brasil. Buscando ao reconhecimento do vinho e de demais produtos elaborados na região em 2002, a ASPROVALE (Associação dos Produtores de Vinhos Finos do Vale dos Vinhedos) torna-se a primeira associação de produtores a obter o registro de Indicação de Geográfica do tipo Indicação de Procedência do Brasil. Em 2010 a ASPROVINHO (Associação dos Produtores de vinho de Pinto Bandeira/RS) e, em 2013, a APROBELO (Associação dos Viticultores de Monte Belo do Sul/RS) e a ASPROMONTES (Associação de Produtores dos Vinhos dos Altos Montes) obtêm o mesmo registro (Embrapa, 2014).

2.2 Industrializações da uva

O cacho de uva é constituído pelo engaço e pelas bagas. O engaço é lenhoso e constitui no canal de alimentação e de suporte das bagas. As bagas são os frutos propriamente ditos. Elas são constituídas pelas películas, pelas sementes e pela polpa (Figura 1) (Prozil, 2008; Manfroi, 1999a).

As bagas são separadas do engaço e posteriormente esmagadas ocorrendo o extravasamento da polpa. Conforme o produto de interesse o processo de fabricação é diferenciado.

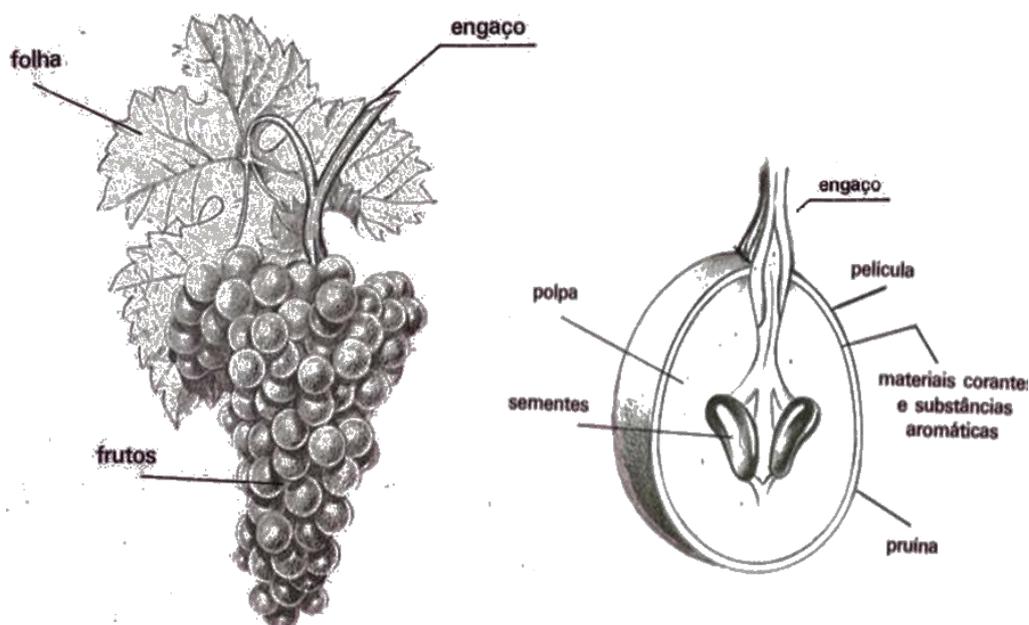


Figura 1: Estrutura do cacho e das bagas de uva (Adaptado: <http://como-fazer-vinho.f1cf.com.br/>).

2.2.1 A vinificação da uva

A vinificação é o processo de transformação da uva em vinho. Ela se inicia com a colheita, que é feita em caixas plásticas de 20 kg e transportadas até a vinícola. No recebimento da uva na vinícola são realizados os seguintes procedimentos: avaliação do estado fitossanitário das bagas e a determinação do grau glucométrico, para fins de cálculo do potencial alcoólico e de eventuais correções. Conforme o tipo de produto a ser desenvolvido, vinho tinto, vinho branco e espumante, após a colheita e recepção da uva, as etapas do processo de vinificação diferem entre si. (Gobatto, 1942; Meneguzzo et al., 2006a; Guerra et al., 2009).

Após as uvas serem recebidas e pesadas na vinícola, são encaminhadas a uma desengaçadeira-esmagadeira que separa a ráquis (eixo da inflorescência) das bagas da uva e as esmaga. O esmagamento consiste em romper a película das bagas para liberação do mosto (polpa), que assim é imediatamente posto em contato com o ar e com as leveduras presentes na superfície da casca. Em seguida, o mosto é depositado em tanques de

fermentação, recebendo a adição de leveduras (cepas selecionadas de *Saccharomyces cerevisiae*) para otimizar o processo de fermentação alcoólica (Meneguzzo et al., 2006a; Manfroi, 1999).

A maceração compreende o período em que películas e sementes permanecem em contato com o mosto por 6 a 7 dias. Nesse processo ocorre a diluição seletiva e a difusão de compostos da película e da semente para o mosto que irão proporcionar a intensidade da cor e o aroma frutado ao vinho. Durante este período, é realizado o processo de remonta, que consiste na movimentação (recirculação) do mosto da parte inferior do tanque para a parte superior, buscando homogeneizar a fermentação (Meneguzzo et al., 2006 a; Manfroi, 1999).

A *descuba* é realizada 24 horas após a conclusão das remontagens. Essa etapa favorece a separação do mosto da parte sólida (casca e sementes). O mosto é retirado pela parte inferior do tanque e enviado para outro recipiente para completar a fermentação alcoólica. Esse mosto irá dar origem a um vinho de melhor qualidade chamado de “vinho gota”. Depois de bem esgotado o recipiente é aberto e retiram-se a parte sólida, que é prensada duas vezes. O líquido da primeira prensagem é colocado com o vinho gota para continuar a fermentação. Já o mosto da segunda prensagem, que é mais intensa que a primeira, dará origem ao “vinho prensa” caracterizado pelo gosto mais adstringente, amargo e herbáceo (Meneguzzo et al., 2006 a; Manfroi, 1999 b).

A fermentação alcoólica está terminada quando cessar a evolução de CO₂ e o teor de açúcar for inferior a 3,0 g/L, seguindo-se a fermentação malolática (redução do ácido málico em láctico). O início desta é verificado pelo desprendimento de CO₂ na parte superior do recipiente, ou quando ele é percebido na degustação e o vinho tem aparência turva. O final da fermentação malolática determina o fim do processo de vinificação. Porém, ainda devem ser realizadas as *transfegas*, que consistem na passagem do vinho de um recipiente para outro para a retirada de depósitos de material sedimentado (borras) do fundo do tanque. (Meneguzzo et al. 2006 a; Manfroi, 1999 b).

O *atesto* é a ação de preencher de vinho os tanques periodicamente, à medida que o nível de vinho diminui, devido a evaporação ou mudança de temperatura. Também é feita a *estabilização tartárica*, que consiste no resfriamento do vinho de -3 ° C a -4 ° C por 8 a 10 dias que irá provocar a

insolubilização e precipitação de sais, principalmente o bitartarato de potássio. Antes do engarrafamento, partículas em suspensão ainda poderão ser eliminadas em processo de filtração (Meneguzzo et al., 2006 a; Manfroi, 1999 b).

Na vinificação de vinhos brancos e espumantes, ao contrario da vinificação de vinhos tintos, a fermentação ocorre sem as películas e sementes, que são separadas logo em seguida ao esmagamento. Atualmente, há prensas pneumáticas que esmagam o cacho da uva inteiro utilizadas principalmente para a fabricação de espumantes. (Meneguzzo et al., 2006 a; Guerra et al., 2009).

Para a elaboração o espumante, após o vinho branco (vinho base) estar elaborado, ocorre uma nova fermentação com leveduras selecionadas que produzirão o gás carbônico (CO₂). Os métodos mais conhecidos são o Champenoise, onde a fermentação ocorre dentro da garrafa, e o método Charmat, onde a fermentação ocorre dentro de tanques de inox. Nos dois métodos há a retirada das leveduras após a fermentação ser finalizada, também é realizada a filtragem e posteriormente, o engarrafamento (Guerra et al, 2009).

Na elaboração do suco são utilizadas principalmente uvas americanas (*Vitis labrusca*) como a Isabel, Concord, Seibel. No processo de elaboração não ocorre a fermentação, sendo que os resíduos sólidos (engaço e bagaço) são produzidos após o desengace e esmagamento das bagas (Rizzon & Meneguzzo, 2007).

2.3 Resíduos de vinificação

A transformação de uva em vinho, suco e/ou espumantes produz resíduos sólidos (bagaços, engaços, borras, resíduos de filtração e destartarização), além de efluentes vinícolas (os líquidos resultantes de lavagens na vinícola), os quais, quando possível, devem ter tratamento diferenciado (Pirra, 2005). Os principais impactos associados às vinícolas são (EPA, 2004):

- a) a poluição da água;

- b) a degradação do solo e da vegetação pelas práticas de disposição dos resíduos sólidos e líquidos;
- c) os odores e emissões atmosféricas (resultantes dos processos de vinificação);
- d) gerenciamento dos subprodutos gerados.

Pirra (2005) cita em seu trabalho os principais resíduos produzidos durante a vinificação (Tabela 1). Estima-se que uma vinícola produza cerca de 1,3 a 1,5 kg de resíduos a cada litro de vinho produzido, sendo 75% de efluentes vinícolas 25 % de subprodutos de vinificação (em média 0,32 kg L⁻¹ de vinho) e 1 % de resíduos sólidos.

Tabela 1: Resíduos produzidos durante as operações de vinificação

Efluentes Vinícolas	Resíduos Sólidos	Subprodutos Vinificação
Águas de lavagem:	Embalagens:	– Engaço
– Equipamentos enológicos	– Paletes	– Bagaço
– Cubas e contentores	– Papelão	– Borrás
– Pavimentos e paredes	– Filme plástico	– Resíduos de filtração e centrifugação
– Águas de arrefecimento	– Vidro quebrado	

Dependendo da variedade, 1 kg de uva contém de 4 a 10 cachos, dos quais o engaço representa 3 a 6 %, e as bagas de 94 a 97%. Estas podem ser divididas em: casca, de 7 a 11%; sementes, de 2 a 5% e suco, de 84 a 91%. Em condições de produção comercial, de 100 kg de uva obtém-se em média 4 kg de engaço, 15 kg de cascas, sementes e outros materiais sólidos e 81 kg de suco (Gobatto, 1942). De outra parte, Nerantzis e Tataridis (2006) estimam que 1 t de uvas produzem 249kg de engaço, 225kg de sementes e 425kg de películas.

No trabalho de Tano et al. (2005) há uma estimativa que um vinhedo com rendimento médio de 13 t ha⁻¹ geram-se cerca de 3,7 t ha⁻¹ de resíduos sólidos e 8,6 t ha⁻¹ de resíduos líquidos, sendo os resíduos sólidos compostos

por 2,3 t de bagaço, 0,7 t de borras, 0,4 t de engaço e 0,3 t de sedimentos de filtração e clarificação.

É importante salientar que há grande variabilidade nestas estimativas, pois, além das diferenças inerentes a cada tipo de uva e local de produção, estas são processadas de maneira distinta em cada vinícola, com tecnologia de vinificação própria.

2.2.1 Efluentes vinícolas

Os efluentes vinícolas compreendem todos os líquidos resultantes de lavagens e desinfecções da vinícola, dos equipamentos utilizados desde a recepção e processamento das uvas (esteiras, pressas, desengaçadores, etc.) terminando no processo de vinificação (tanques de fermentação, bombas, nas transfegas e filtrações) (Pirra, 2005).

De acordo com Torrijos e Moletta (2003), as operações de limpeza efetuadas durante os processos de vinificação são responsáveis pela geração de efluentes com elevada carga orgânica, podendo ser divididas pelas etapas do processo de fabricação do vinho, e agrupadas da seguinte maneira:

- a) limpeza e desinfecção de equipamentos;
- b) lavagem dos pisos com ou sem produtos de limpeza;
- c) lavagem das cubas utilizadas;
- d) lavagem dos filtros de diatomáceas.

Na Europa, a partir dos anos 90, verificou-se que a atividade vinícola gera contaminação orgânica e inorgânica durante um curto período de tempo, sendo considerado um segmento agroindustrial passível de produzir danos ambientais e, por isso, requerem a regulamentação desta atividade. Com leis mais rígidas, as indústrias devem enviar seus resíduos sólidos para destilarias que produzirão álcool, as sementes para a produção de óleo e os efluentes líquidos para estações de tratamento de efluentes que reduzem a carga orgânica (Torrijos & Moletta, 2003).

A composição química e o volume dos efluentes líquidos dependem do tipo de sistema de tratamento utilizado, mas de maneira geral são efluentes bastante diluídos com média carga orgânica (DBO), devido à presença de

açúcares, álcool, ácidos orgânicos e compostos fenólicos. Além disso, são encontrados nutrientes como N, P e K e, em menores concentrações, detergentes e desinfetantes associados à higienização das instalações (Pirra 2005).

A maioria das vinícolas possui estações de tratamento de efluentes do tipo anaeróbio, com reatores do tipo anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo. Observa-se que o principal subproduto da degradação anaeróbia da matéria orgânica é o biogás (CH_4 e CO_2) (Pirra, 2005).

2.2.2 Bagaço

O Regulamento CE 1493/99 do Conselho da União Europeia, que estabelece a organização do mercado vitivinícola, conceitua o bagaço como o material resultante da prensagem (esmagamento) das uvas frescas, fermentadas ou não. Manfroi (1999 b) relata que esse material contém água, restos de açúcar, proteínas, lipídios, sais minerais, celulose, álcool e outras substâncias.

Na indústria, é classificado em: bagaço fermentado (vinificação em tinto), bagaço parcialmente fermentado e bagaço não fermentado (vinificação em branco e fabricação de sucos). Ambos são utilizados na fabricação de destilados, principalmente aguardente vínica. De cada 100 kg de vindima, 12-14 kg é bagaço. Após a prensagem este ainda contém a razão de 50% de vinho. Considerando que o vinho contém 10% de álcool, após a destilação, a cada 100 kg de bagaço pode-se obter 10 litros de aguardente vínica com 50 ° centesimais de álcool. Além disso, há a possibilidade de recuperar o tartarato de potássio e tartarato de cálcio (Splendor, 2013; Meneguzzo et al., 2006 b; Gobatto, 1942).

Do bagaço podem ser extraídos compostos corantes, como as antocianinas e os taninos, que podem ser utilizados principalmente na indústria de alimentos (Guimarães et al., 1984). Hoje, há técnicas de extração com solventes (etanol), com variação de temperatura e posterior microencapsulamento com goma arábica e amido modificado, que melhoram a

vida útil das antocianinas de uva para utilização em alimentos (Valduga et al., 2008).

O bagaço de uva é fonte de fibras, sendo utilizado na alimentação animal e humana (Rotava, 2007; Balestro et al., 2011). Essa alta quantidade de fibras e também de compostos tânicos restringem o seu uso como única fonte na alimentação para os animais. Importante destacar que em ensaios laboratoriais foi verificado que este resíduo, após tratamento, tem potencial para a biossorção de metais, como Pb e Cd, de efluentes industriais (Farinella, 2007).

2.2.3 Semente

A semente de uva varia em número de 0 a 4 por baga, dependendo da variedade. Elas contêm de 14 a 17% de óleo (Gobatto, 1942), que é amplamente utilizado na indústria química, cosmética e farmacêutica. Exemplo disso é visto na produção de cremes, sabonetes, loções, etc., e também tem grande potencial de uso em medicamentos que necessitam de óleo como veículo. Como vantagem adicional contém vitamina E, que tem ação antioxidante, vindo a proteger de processos oxidativos os constituintes do medicamento (Maraschin et al., 2002).

Sabe-se que a composição do óleo de semente de uva possui alto conteúdo de ácidos graxos insaturados, como o ácido linoléico (72 a 76%, m/m), maior que em outros óleos como girassol (60 a 62%) e soja (50 a 55%). Óleo de semente de uva comercial contém 399-785 mg / kg de vitamina E, dependendo da variedade e condições ambientais do período de produção da uva (Cao & Ito, 2003; Baydar & Akkurt, 1999).

Em escala industrial, extração do óleo é realizada por processos de expulsão mecânica a quente ou com solventes. Ambas as técnicas produzem um grande rendimento de extração. Mas, a alta temperatura afeta a qualidade do óleo e da farinha da semente. Nota-se a busca por extrações alternativas, como por exemplo, a prensagem da semente a frio com a utilização de enzimas possibilita a obtenção de óleo de boa qualidade e rendimento. Essas técnicas utilizadas em conjunto possibilitam manter as propriedades nutracêuticas tanto do óleo quanto da farinha (Tobar, 2005).

2.2.4 Engaço

O engaço da uva forma o eixo principal da inflorescência e as ramificações mais curtas sustentam as bagas. É composto principalmente por celulose, lignina e hemicelulose, é rico em taninos e na maturidade representa 3 a 9 % do peso do cacho (Prozil, 2008).

Na fabricação do vinho se faz necessária a retirada do engaço, pois ele modifica a sua composição, tornando-o mais ácido e com sabor adstringente, devido ao teor alto de taninos em sua composição. Além disso, ele absorve o álcool e as enocianinas (Gobatto, 1942; Manfroi, 1999b)

Considerando o engaço como subproduto da vinificação, ele pode ser utilizado no processo de compostagem para a fertilização dos solos devido ao seu elevado conteúdo de potássio (32,4 g/kg) e outros componentes minerais como Na (0,56 g/kg), Ca (9,31 g/kg) e Mg (1,70 g/kg) (Prozil, 2008).

Outra alternativa de uso seria a sua utilização como combustível, pois seu poder calorífico chega de 2000 a 2500 kcal/kg (Silva, 2002).

2.2.5 Borra e sarro

2.2.5.1 Borrás

O Regulamento (CE) 1493/99 define borra de vinho como o resíduo que fica depositado nos recipientes que contenham vinho após a fermentação, ou quando da armazenagem, ou após tratamento autorizado, bem como o resíduo obtido pela filtração e/ou pela centrifugação deste produto.

É um material denso, sendo que o volume produzido depende do número de trasfegas realizadas que, em geral, são efetuadas logo após a fermentação malolática (Rizzon & Meneguzzo, 2007; Gobatto, 1942).

A borra é constituída por 70 a 90% de vinho (V/V) (Silva, 2002). Quando seca a borra contém de 25 a 62% de cremor de tártaro. Em geral 100 L de borra fresca oferecem 21 L de borra em pasta e 12 kg de borra seca (Gobatto, 1942).

2.2.5.2 Sarro

O sarro ou tartarato é o material sólido que fica depositado no interior do recipiente onde o vinho fica conservado. Composto de: 70% de bitartarato de potássio; 10% de tartarato de cálcio e 20% de outras substâncias (Silva, 2002).

Sua valorização está justamente nestes sais que a indústria purifica para a obtenção do hidrogenotartarato de potássio (cremor de tartaro), sal de Rochelle (tartarato de cálcio e de potássio) os quais são utilizados na indústria de bebidas, alimentos, textil e metalurgica (Silva, 2002).

Em Caxias do Sul/RS a Veronese Produtos Químicos desde 1911 extrai e processa a partir da borra e do sarro a matéria tartárica oriunda das vinícolas da região da Serra Gaucha.

2.2.6 Terras de filtração

Para a filtragem do vinho, é utilizado filtro, podendo estes ser de três tipos: filtros de terra, filtro de placa e os filtros de membrana (Rizzon & Meneguzzo, 2007).

Os filtros de terra são os que produzem maior quantia de resíduos, sendo utilizados de dois tipos de materiais, principalmente: a perlita (rocha vulcânica), e diatomáceas (algas marinhas calcinadas) (Manfroi, 1999b).

2.4 Compostos fenólicos

As plantas produzem uma grande variedade de produtos secundários com baixo peso molecular durante o seu crescimento, dentre eles os compostos fenólicos. Eles agem como compostos de defesa contra herbívoros e patógenos; têm função no suporte mecânico, como atrativo para polinizadores ou dispersores de frutos, na proteção contra a radiação UV ou reduzindo o crescimento de plantas competidoras adjacentes (Taiz & Zeiger, 2002).

Os compostos fenólicos apresentam uma grande diversidade e são subdivididos em dois grandes grupos em razão da similaridade de suas

cadeias de átomos de carbono: não-flavonóides (fenóis simples ou ácidos, dentre eles, o resveratrol) e flavonóides, incluindo dentre outras substâncias as catequinas e antocianinas. Estes compostos têm despertado o interesse da indústria devido a sua capacidade de diminuir a oxidação de lipídeos e, dessa maneira, pode ser alternativa como substituto de antioxidantes sintéticos assim, tornando-se uma fonte alternativa de antioxidante natural. (Wang et al., 2002; Fuleki & Silva, 2003).

As uvas são ricas em compostos fenólicos, principalmente as tintas. Conseqüentemente, os resíduos da vinificação são caracterizados pelo alto conteúdo desses compostos (Negro et al., 2003).

Esses compostos são extraídos do bagaço e transferidos para o mosto com intensidade que depende das características da uva e do processo de vinificação. Mas, independentemente desta transferência, e considerando que a maior parte dos compostos fenólicos é encontrada nas partes sólidas da uva (pele, semente e engaço), uma grande proporção permanece nos resíduos ou subprodutos da vinificação (CAMPOS, 2005). Resultados obtidos por Cataneo et. al (2008) e Rockenbach (2008) indicam que o resíduo da produção de vinho é um produto com capacidade antioxidante significativa e estão altamente correlacionadas ao conteúdo de polifenóis totais.

No aspecto econômico, segundo Vatai et al. (2009), as melhores fontes para obtenção de compostos fenólicos para fins comerciais são os resíduos industriais com altas quantidades desses compostos. Nesse contexto, os resíduos da vitivinicultura podem fornecer esses compostos para os mais diversos segmentos da indústria.

2.5 Destinação do resíduo de uva

Em 1912, o italiano Celeste Gobatto, formado em Enologia e Viticultura pela Scuola do Conegliano e doutorou-se em Ciência Agrárias na Universidade de Pisa-Itália, chegou a Porto Alegre/RS. Fora contratado pelo governo estadual para lecionar na antiga Escola de Engenharia para servir ao Instituto de Agronomia e Veterinária, criado em 1910. Em 1914 lança um dos mais importantes livros da vitivinicultura daquela época- O Manual prático de Viticultura, editado em 2 volumes. Em 1922, na sua reedição, passou a se

chamar, Manual do Vitivinicultor Brasileiro. No volume 2 dessa obra, na página 240 o autor expressa a seguinte afirmação:

"Na Europa, em diversas regiões vinícolas, há grandes estabelecimentos que centralizam a industrialização de todo o bagaço produzido, o que tem contribuído para a utilização integral dos produtos secundários da vinificação, reduzindo, consideravelmente, o preço de custo do vinho produzido e permitindo, descarte, uma maior compensação ao ingente trabalho do viticultor. (...). Um estabelecimento dessa natureza, como tivemos a oportunidade de dizer em outra ocasião, deveria surgir no centro de atividades dos municípios de Caxias, Flores da Cunha, Farroupilha, Garibaldi e Bento Gonçalves, que produzem os 5/6 de toda a produção vinícola sul-riograndense e que são ligados por rápidos e baratos meios de transporte."

Há 100 anos já havia motivos suficientes para a construção de centrais de reaproveitamento dos resíduos da vitivinicultura. Timidamente, a pouco mais de dez anos, surgiram empresas na região que fazem reciclagem, via compostagem, desse material. Entretanto, a disposição dos resíduos de vinificação no vinhedo ainda se faz presente na região. Principalmente em vinícolas de menor porte.

Nesse contexto, relacionado à aplicação do resíduo *in natura* no vinhedo, Tano et al. (2005), avaliaram o rendimento e qualidade das uvas Pinot Noir (*Vitis vinifera*), após a aplicação de diferentes doses resíduo de vinificação depois de ser destilado, sendo complementadas com fertilizante nitrogenado, por um período de 3 anos. De acordo com este estudo o fornecimento anual de 50 kg. ha⁻¹ de N proveniente do resíduo de uva, correspondendo de 2,5-3,0 t ha⁻¹ da matéria orgânica, com a possibilidade de adicionar nitrogênio mineral de acordo com expectativa de rendimento, resultou em um plano de fertilização sustentável para o vinhedo.

Mas, há alguns fatores que devem ser considerados antes da execução desta prática. Como o fato do resíduo, assim que sai da indústria, ser ácido (pH 3,5 a 4,0), e ainda contém as sementes e o engaço que, devido a sua lenta biodegradabilidade, não propicia a conversão total da matéria orgânica de uma safra para a outra (Splendor, 2013). Cabe salientar que o resíduo de vinificação, principalmente o bagaço de uva *in natura*, quando disposto

diretamente no solo, pode levar consigo patógenos que irão reinfestar o vinhedo, sendo esta prática não é recomendada (Sanhueza & Sônego, 1993).

Assim sendo, a aplicação desse material deve ser feita para proporcionar efeito benéfico ao sistema solo-planta. Por esse motivo, se faz necessária a avaliação de seu potencial agrícola a partir de avaliações químicas, físicas e biológicas do resíduo. Além disso, é importante realizar uma avaliação da dinâmica desse material ao ser adicionado ao solo, que irá auxiliar na definição da dose a ser aplicada assim prevenindo eventuais problemas como alteração indesejável de pH e lixiviação de nitratos. Para isso, realizam-se ensaios de incubação, utilizando o solo do local onde o resíduo será disposto. Nesses ensaios determina-se o consumo de compostos carbono e a mineralização do nitrogênio orgânico do resíduo adicionado pela microbiota do solo (Andrade & Abreu, 2006).

Contudo, um aspecto ainda pouco explorado nesta cadeia produtiva é a valorização e reaproveitamento destes resíduos antes da compostagem. Deles podem ser extraídos produtos mais nobres, como por exemplo: o óleo da semente, o cremor de tártaro da borra e do sarro, antocianinas e taninos do bagaço, além de ser extraído o álcool vínico e posteriormente ser utilizado na alimentação, como já citado anteriormente.

Um dos mais valiosos produtos é o óleo de semente de uva. Este possui alto valor nutracêutico, principalmente alto teor de polifenóis. As sementes possuem de 14 a 17% de óleo, que é rico em polifenóis e ácidos graxos insaturados. O conteúdo de óleo varia dependendo da variedade de uva, o grau de maturação das uvas, o solo, o clima, etc. (Mironeasa, 2010).

Em escala industrial para obtenção de óleo de semente de uva é necessário a separação da semente do bagaço, a limpeza, a moagem e por fim a extração. O óleo são obtidos por prensagem mecânica e extração com solvente orgânico, principalmente o hexano. A grande dificuldade está no fato das sementes estarem aderidas a casca e encarece o óleo (Antoniassi, 2013).

Com a Política Nacional de Resíduos sólidos (Brasil, 2010), e as leis estaduais visam mitigar os impactos ambientais destes resíduos. Neste contexto, as empresas recicladoras estabelecidas na região de estudo conseguem obter um composto orgânico que se adéqua a legislação específica

para fertilizantes orgânicos, sendo comercializado na região como Fertilizante Orgânico Classe A (Brasil, 2009a)..

2.6 Legislação

O Brasil ainda não possui uma legislação específica para a disposição final de resíduos sólidos no solo, em especial para aplicação na agricultura, em florestas e em áreas degradadas, à exceção da resolução número 375 do CONAMA, que entrou em vigor no ano 2006. Essa resolução trata especificamente do uso de lodo de ETE (estação de tratamento de esgoto) para uso agrícola (Brasil, 2006a).

A NBR 10004 trata da classificação dos resíduos sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (ABNT, 2004).

No Rio Grande do Sul, há a Lei nº 9.921, de 27 de julho de 1993, que dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos. Em 16 de abril de 2014, foi sancionada a Lei Nº 14.528 institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, englobando além da Lei nº 9.921, a Política Estadual de Educação ambiental (Lei nº 13,597) e a Política Estadual de Saneamento Básico (Lei nº 12.037).

O inciso nono do artigo quinto da Lei Estadual 14.528 refere-se à destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. Sendo que este inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos estaduais e municipais competentes, de modo a não causar dano ou risco à saúde pública e minimizar os impactos ambientais adversos.

Na esfera nacional, para reciclagem e uso de resíduos sólidos na agricultura, há algumas normas que devem ser respeitadas. Algumas instruções normativas (IN) emitidas pelo Ministério da Agricultura (MAPA) devem ser seguidas, quando o material resultante será utilizado na agricultura. A IN número 27 estabelece os limites de agentes fitotóxicos (metais, microrganismos, etc.), para os fertilizantes orgânicos, corretivos, biofertilizantes, condicionadores e substratos (Brasil, 2006). A IN número 28 indica os métodos analíticos oficiais para a análise de fertilizantes minerais, orgânicos, orgâno-minerais e corretivos (Brasil, 2007). Ao final do processo, há

a possibilidade de efetuar, a partir da IN número 25, o registro e classificação de fertilizantes orgânicos, definindo as especificações e garantias mínimas exigidas (Brasil, 2009 a).

2.7 Compostagem

A compostagem consiste na transformação de matéria orgânica (resíduos agroindustriais, dejetos de animais, restos vegetais, resíduos industriais, lixo urbano etc.) em um material estável e sem cheiro denominado de composto. O processo ocorre pela biodecomposição (ação de populações microbianas quimiorganotróficas) dependente de oxigênio e com a geração de calor (50 a 65 °C) com picos que podem chegar a 70 °C. O material resultante é fonte de matéria orgânica e nutrientes melhorando a fertilidade, a aeração e a drenagem do solo, promovendo a agregação das partículas, aumentando a CTC e, conseqüentemente incrementando a biodiversidade da microbiota do solo (Kiehl, 1985; Inácio & Miller, 2009).

O processo de compostagem está baseado nas características físicas e químicas dos materiais utilizados e busca garantir a aeração interna da leira, umidade favorável ao processo e equilíbrio na relação C/N. Essas condições ótimas levam à alta atividade dos microrganismos que leva ao aumento do calor no interior das leiras de compostagem (Inácio & Miller, 2009).

A decomposição da matéria orgânica é efetuada pelos mais diversos tipos de microrganismos, principalmente bactérias, fungos e actinomicetes. A suscetibilidade à biodegradação depende do tipo de substância orgânica que o material a ser compostado tem o que influencia na condução do processo. O resultado é a formação dos mais variados tipos de substâncias orgânicas de maior ou menor resistência a esta biodecomposição (Epstein, 1997).

Os microrganismos transformam bioquimicamente a fração orgânica dos resíduos em material parecido com húmus. Na compostagem não há formação de húmus, pois ele é o resultado da decomposição de longo prazo de matéria orgânica no solo. Há substâncias prontamente biodegradáveis, de degradação mais lenta e resistentes a degradação (Tabela 2) (Epstein, 1997).

Alguns aspectos específicos devem ser abordados quanto à qualidade do processo:

- a) evitar a proliferação de moscas e a atratividade de vetores;
- b) evitar a ocorrência de odores fortes e desagradáveis;
- c) evitar a excessiva produção de chorume (percolado das leiras);
- d) gerar um produto final sem risco de contaminação do solo e da água e adequado para o manuseio e para a o uso na agricultura e recuperação do solo.

Do ponto de estabilidade, a compostagem frequentemente requer tempo, particularmente se os materiais forem de natureza celulítica. A adequação da matéria prima, tal como redução de tamanho de partículas (1 a 5 cm de diâmetro), ajuste da relação C/N (25 a 35) e da umidade (60-65%) auxiliaram na redução do tempo de compostagem tornando o processo mais eficiente. Deve-se levar em consideração o aspecto econômico, pois quanto mais rapidamente o material estabilizar menores as necessidades de espaço de armazenamento e de manuseamento de materiais (Kiehl, 1985; Epstein, 1997).

Tabela 2. Categorias de substâncias orgânicas quanto ao grau de disponibilidade para decomposição microbiana

Fácil biodegradação	Lenta biodegradação	Difícil biodegradação	Não biodegradado
<ul style="list-style-type: none"> • Açúcares • Carboidratos, glicogênio, pectina • Ácidos graxos, glicerol • Lipídeos, gorduras • Aminoácidos • Ácidos nucléicos • Proteínas 	<ul style="list-style-type: none"> • Hemicelulose • Celulose • Quitina • Moléculas de baixo peso molecular 	<ul style="list-style-type: none"> • Lignocelulose • Lignina • Compostos alifáticos e aromáticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Mineirais

Fonte: Adaptado de Epstein, 1997

Alguns trabalhos demonstram que a compostagem pode ser considerada um meio naturalmente supressivo a fitopatógenos, sendo que a idade do material compostado pode estar vinculada a sua ação supressora (Craft & Nelson, 1996; Epstein, 1997; Hoitink & Boehm, 1999).

Nesse contexto, o processo favorece um ambiente de proliferação de agentes de controle biológico de fitopatógenos no solo, como espécies de *Trichoderma*, por exemplo, devido a sua capacidade de competição e indução de resistência sistêmica (Inácio & Miller, 2009). Microrganismos presentes em composto orgânico, entre eles *Trichoderma* spp., foram selecionados e testados quanto a ação antagônica a *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* e *Phytophthora nicotianae* (Pugliese et al. 2008).

O composto aplicado ao solo irá contribuir diretamente para o aumento da matéria orgânica, conseqüentemente melhorando o crescimento das plantas. Haverá incremento da matéria orgânica pelos resíduos vegetais e pelos produtos microbianos e, com o decorrer do tempo, o composto aplicado ao solo é transformado em húmus (Epstein, 1997).

2.7.1 Compostagem do resíduo de uva

Alguns trabalhos demonstram que é possível compostar o resíduo de uva. Nos EUA, principalmente na Califórnia, há empreendimentos que compostam esse material. Contudo, muitas vezes, o bagaço contém teores de álcool acima do permitido e, pelas leis estaduais, devem ser destinadas a aterros especiais. Na Europa, entorno de quarenta vinícolas da região de Languedoc-Roussillon na França, produzem aguardente vínica via destilação do bagaço esgotado. Além da produção de álcool vínico, é a produção de 20.000 t de composto que retorna aos 2000 produtores de uva (Briton & York, 2003a).

Em um estudo conduzido por Bertran et al. (2004), o composto orgânico a base de resíduo de uva e lodo das estações de tratamentos de efluente das vinícolas na proporção 2:1 apresentou resultados promissores quanto à concentração de N-P-K (2,3-0,4-1,1), à relação C/N (11,9), ao pH (8,3) e à condutividade elétrica ($1,58 \mu\text{S cm}^{-1}$).

Resultados obtidos em outro estudo sobre compostagem de resíduos de uva demonstraram que o pH atingiu a alcalinidade (7,5 a 8,0) , sendo possível sua utilização como um condicionador de solo (Ferrer et al., 2001). O composto obtido conseguiu suprir as necessidades nutricionais iniciais (20 dias) da cultura do milho evidenciando que é possível obter um produto dentro dos padrões adequados para o composto de qualidade. Neste mesmo trabalho os autores fazem uma caracterização do resíduo de uva antes e depois do processo de compostagem (Tabela 2). Os resultados obtidos demonstram que o composto orgânico à base de resíduo de uva atingiu os parâmetros químicos adequados no que se refere à estabilidade do produto final.

Tabela 3. Caracterização química do resíduo de uva e do composto orgânico de resíduo de uva após 25 dias (Ferrer et al., 2001).

Atributo ¹	Resíduo ²	Composto ²
Carbono (%)	46,60	32,18
Nitrogênio (%)	1,73	2,35
Fósforo (%)	-	0,46
Potássio (%)	-	1,80
Relação C/N	26,94	13,67
pH	3,56	7,1

¹ base seca; ² média de três repetições

Na Califórnia-EUA há vinícolas que produzem seu próprio composto e utilizam-no no seu vinhedo. Um exemplo disso é a Benziger Family Winery. A propriedade é certificada como orgânica e biodinâmica, e além do resíduo de uva usa outros materiais, como dejetos animais para compor as pilhas de compostagem. Ao final do processo o composto é utilizado nos próprios vinhedos do estabelecimento (Briton & York, 2003b; Benziger, 2015).

2.7.2 Qualidade do composto orgânico

Epstein (1997) expõe dois termos como parâmetro de qualidade do composto para uso no solo: estabilidade e maturidade. Estabilidade se refere ao estágio de decomposição da matéria orgânica e é função da atividade biológica. Já a maturidade se refere a uma condição organo-química que indica a presença ou ausência de ácidos orgânicos fitotóxicos.

Os estabelecimentos desses parâmetros de qualidade do composto orgânico dependem de vários fatores, que devem ser levados em consideração no início do processo. Entre eles: a relação C/N, o teor de nitrogênio da matéria prima, a dimensão das partículas, a aeração da pilha e a frequência de revolvimentos (Kiehl, 1985; Inácio & Miller, 2009).

Países da Europa, como a Alemanha, Hungria, Bélgica, Itália, possuem agências reguladoras para certificar a qualidade dos compostos orgânicos. Nos EUA e no Canadá não é diferente. Em todos os casos, ao final do processo, há a necessidade de atestar que o composto resultante é inerte, livre de patógenos ou agentes que possam vir a causar danos ao ser humano. Estes parâmetros reforçaram as preocupações ambientais sobre os perigos relacionados a reciclagem de materiais que não se enquadrariam nas características necessárias, segundo a legislação, para serem compostados e utilizados na agricultura (Briton, 2000).

Há alguns critérios citados na literatura para a avaliação da maturidade e estabilidade do composto final. Epstein (1997) apresenta uma lista de parâmetros usados para avaliar a estabilidade e maturidade do composto orgânico (Tabela 4).

Segundo Briton (2000), houve uma progressão constante nas definições dos limites de contaminantes para levar aos níveis adequados de qualidade do composto. Os limites de metais pesados foram publicados no final dos anos 70 na Europa. Já, em meados da década de 80, os contaminantes entraram na discussão, seguidos pelos parâmetros de avaliação da maturidade do composto e das propriedades necessárias para o crescimento das plantas. Esses padrões incluem:

- a) níveis permitidos de elementos traço;
- b) composição física e contaminação inerte;
- c) bacteriologia patogênica e fitopatógenos;
- d) elementos potencialmente tóxicos;

e) maturidade do composto e avaliação do crescimento de plantas.

No Brasil, não há métodos oficiais estabelecidos para o monitoramento da estabilidade e maturação do composto orgânico. A adoção de alguns critérios simples, como os exigidos pela legislação: C/N, pH, CTC, etc., e alguns complementares como ensaios de germinação e de atividade microbiológica, podem servir para essa avaliação de maturidade e estabilidade do composto orgânico.

Nesse contexto, também se faz necessário o monitoramento do comportamento do resíduo ou do composto orgânico quando aplicado ao solo, principalmente pela sua composição química e pela taxa de mineralização de seus nutrientes e/ou solubilização de seus elementos potencialmente tóxicos (Meurer et al. 2000).

O objetivo é reduzir ao máximo os riscos associados a sua utilização agrícola e, ao mesmo tempo, aprimorar a resposta agronômica das culturas.

Tabela 4. Métodos usados para avaliar a estabilidade e maturidade do composto orgânico

Parâmetros químicos	Parâmetros Físicos	Ensaio com plantas	Atividade microbiológica
– Relação C/N	– Temperatura	– Germinação de sementes	– Respiração-consumo
– Espécies de N	– Cor, odor, densidade	de agrião	– de oxigênio
– pH	– Fluorescência	– Germinação de trigo	– Respiração-evolução
– CTC		– e azevém	– de CO ₂
– Constituintes		– Cor da raiz	– Mudanças na microbiota-
– químicos orgânicos			conteúdo de fungos,
– Ácido Acético			– actinomicetos, etc.
– Teste do Amido			– Atividade enzimática
– Carbono reativo			
– Parâmetros de humificação			
– Índice de humificação			
• concentração de ácido fúlvicos e ácidos húmicos			
• Substâncias húmicas			
• Grupos funcionais			
– Densidade ótica			

Fonte: Adaptado de Epstein, 1997.

Para isso se faz necessário um planejamento do sistema de aplicação do material para avaliar sua dinâmica no solo. Para fins agrícolas, a dose de composto a ser adicionada leva em consideração os macronutrientes, principalmente o nitrogênio, a fertilidade do solo que receberá o composto e a cultura (Kiehl, 1985).

A estimativa da velocidade de decomposição do composto quando aplicado ao solo é importante, pois os nutrientes presentes no material precisam estar na forma mineral para serem absorvidos pelas plantas. Essa estimativa pode ser avaliada pelo consumo de carbono do composto pela microbiota do solo a partir da determinação do CO_2 produzido e a determinação da fração de degradação de carbono.

2.7.2.1 Consumo de carbono orgânico pelos microbiota do solo

O monitoramento da emissão de CO_2 contínua pode ser usado como estimativa de decomposição e da mineralização de da matéria orgânica adicionada ao solo (Stotzky, 1965; Anderson, 1982; Epstein, 1997).

Zibilske (1994) relata que para mensurar a mineralização de carbono são usadas técnicas que geralmente se baseiam na medição da produção de CO_2 ou de consumo de O_2 . A quantificação do processo de mineralização de carbono é usado para fornecer informações como:

- a) o estado fisiológico ou potencial catabólico das populações de microrganismos;
- b) decomposição de substratos orgânicos específicos aplicados no solo;
- c) a biomassa microbiana do solo;
- d) as contribuições correspondentes aos microrganismos, a fauna, as raízes das plantas, e fontes abióticas para totalizar o fluxo de carbono no solo.

Nesse contexto, a adição de energia e de nutrientes ao solo pode aumentar a atividade e o crescimento da população microbiana. Stotzky (1965) expõe que a atividade de microrganismos aeróbicos pode ser quantificada pela modificação da respiração basal e pela produção de CO_2 em condições controladas de ambiente. Segundo o mesmo autor, há vários métodos para

determinar o CO₂ produzido pelo solo. Alguns deles estão baseados na captura do CO₂ por uma base. O NaOH e o KOH são os mais usados para essa finalidade. Posteriormente, o CO₂ capturado pode ser medido por titulação, por condutividade, entre outros.

2.7.3 Uso do composto orgânico na agricultura

A utilização de material orgânico (resíduos vegetais e animais *in natura* ou compostado) como fonte de nutrientes para as plantas é uma prática muito antiga. Existem amplas evidências que, auxiliam na melhoria das propriedades químicas e físicas dos solos, contribuindo para a manutenção e o incremento da produção vegetal (Bissani et al., 2008).

A viabilidade e eficácia da utilização de compostos orgânicos na agricultura dependem da sua qualidade, sendo que esta varia de acordo com a matéria prima disponível. Dentro dos critérios utilizados para avaliar o material a ser compostado tem-se: presença de patógenos, concentrações de elementos-traço, nutrientes, salinidade, odor, pH e granulometria (Epstein, 1997).

Em geral, o composto não apresenta nutrientes (especialmente N, P e K) em concentrações suficientemente altas e ajustadas para atender as demandas nutricionais das plantas. O manejo do composto deve seguir critérios agronômicos, com base nas características químicas do solo e da demanda da cultura. A incorporação do composto eventualmente poderá resultar em a maior eficiência da liberação dos nutrientes (Bissani et al., 2008; Matos, 2014).

Os nutrientes primários como N, P, S estão associados à matéria orgânica humificada ou particulada e a biomassa microbiana do composto. Uma pequena parte se encontra na forma mineral como o K. A disponibilidade desses nutrientes para as plantas depende do processo de decomposição (mineralização da matéria orgânica). Os compostos orgânicos possuem alta capacidade de troca de cátions (CTC) conferida principalmente pelos grupos carboxílicos presentes nas substâncias húmicas. Isso permite que os nutrientes fiquem em formas trocáveis, ou seja, mais disponíveis para absorção pelas

raízes das plantas e evitando lixiviação (Inácio & Miller, 2009; Silva, et al. 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, efetuou-se a caracterização química e física dos resíduos vitivinícolas do composto orgânico originados desses resíduos seguiu, quando possível, a legislação brasileira pertinente. Além disso, foram quantificados os compostos fenólicos totais dos resíduos coletados nas vinícolas parceiras da Asprovinho-Pinto Bandeira/RS.

Também se avaliou o efeito da adição do composto orgânico a base de resíduo de uva nas características do solo pela biodegradação do resíduo compostado, indicada pela produção de $C-CO_2$ e, para avaliar o grau de maturação do composto orgânico, foi realizado um teste de germinação utilizando o composto como substrato.

3.1 Caracterização do solo

Amostra da camada superficial (0-20 cm) de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico da Unidade de Mapeamento Itapoã (Streck et al., 2008), coletada no município de Viamão/RS, foi utilizada para condução dos ensaios de maturação e de biodegradação do composto apresentados adiante. Uma alíquota foi seca em estufa a 60 °C e tamisada em malha de 2 mm, para caracterização química e física de acordo com Tedesco et al. (1995) (Tabela 5). Além da caracterização química, determinou-se a capacidade de retenção de água do solo (CRAS).

Tabela 5. Atributos do solo utilizado para avaliação da maturação do composto orgânico e para a atividade microbiológica a partir da evolução de C-CO₂ em microsomo

Parâmetro	Valor
Argila (%)	13
Materia orgânica (%)	1,8
pH-H ₂ O (1:1)	5,3
Acidez potencial (cmol _c dm ⁻³)	1,7
Índice SMP	6,8
Cálcio trocável ⁽¹⁾ (cmol _c dm ⁻³)	1,1
Magnésio trocável ⁽¹⁾ (cmol _c dm ⁻³)	0,6
CTC _{pH 7} (cmol _c dm ⁻³)	3,6
Saturação por bases (%)	50
Alúmino trocável ⁽¹⁾ (cmol _c dm ⁻³)	0,1
Saturação por alumínio (%)	5,2
Potássio disponível ⁽²⁾ (mg dm ⁻³)	27
Fósforo disponível ⁽²⁾ (mg dm ⁻³)	3,0

⁽¹⁾ Ca, Mg, Al trocáveis (KCl 1 mol L⁻¹); ⁽²⁾ P e K disponível (Mehlich-1).

3.2 Caracterização do resíduo vitivinícola

3.2.1 Análises físico-químicas básicas

Quatro vinícolas (V1, V2, V3, V4) associadas da Asprovinho-Pinto Bandeira/RS cederam amostras de bagaço, engaço e borras de uvas tintas finas (*Vitis vinifera*): Cabernet Sauvignon e Merlot e de uvas americanas (*Vitis labrusca*): Isabel, e uvas brancas Chardonay (*Vitis vinifera*).

Três amostras de cada tipo de resíduo (bagaço, engaço) foram coletadas diretamente das pilhas de resíduos na saída do processamento da uva na vinícola. Essas amostras foram compostas por pelo menos 5 sub-amostras coletadas em diferentes partes das pilhas. As amostras de borras foram coletadas diretamente nos tanques de fermentação.

Os resíduos sólidos (bagaço e engaço) e borras foram separados em alíquotas de 200 g e 200 ml respectivamente. Posteriormente foram congelados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ até a realização das análises.

Uma alíquota das amostras de resíduo sólido (bagaço e engaço) e de borra de vinho foi descongelada à temperatura ambiente e seca a 65°C em estufa com circulação de ar forçado para determinação da umidade. Posteriormente as amostras sólidas foram moídas em moinho de bolas para determinação, em triplicata, dos teores de P, K, Ca, Mg, Cu (via digestão nitro-perclórica com leitura em ICP-OS). Para o nitrogênio e carbono seguiu-se os métodos propostos por Tedesco et al., (1995).

3.2.3 Análises de compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais dos resíduos foram avaliados separadamente bagaço (pele e semente), engaço e borras, considerando também uvas tintas e brancas. Este estudo realizou a separação de pele e semente das uvas, enquanto a maioria dos trabalhos publicados não discrimina compostos fenólicos da pele e da semente, apresentado resultados apenas do bagaço, que pode apresentar proporções bastante contrastantes destes componentes, o que dificulta a interpretação dos resultados.

A determinação dos compostos fenólicos totais seguiu a metodologia proposta por Swain & Hillis (1959), com adaptações feitas pelo Laboratório de Compostos Bioativos do Instituto de Ciência e Tecnologia dos Alimentos da UFRGS: o metanol foi utilizado como extrator, o reagente de Folin-Ciocalteu e ácido gálico (AG) como padrão. As leituras foram feitas em espectrofotômetro de marca Shimadzu modelo UV- 1800 no comprimento de onda 765 nm. Os resultados obtidos foram expressos em equivalentes de ácido gálico (EAG) 100 g^{-1} da amostra expressa em matéria seca (MS) (Aoac, 1997).

3.3 Análise do composto orgânico a base de resíduo vitivinícola

Amostras de composto orgânico produzidos em escala comercial com resíduo de vinícolas da região da Serra Gaúcha foram coletadas em três estabelecimentos produtores (A, B, C) licenciados pelo Ministério da Agricultura para a atividade de compostagem de resíduos vitivinícolas. As empresas estão situadas em Garibaldi/RS e em Fagundes Varela/RS

Três amostras de cada composto foram coletadas em diferentes pontos da pilha de compostagem. O composto da empresa A e o da empresa B ainda estavam em processo de compostagem e, em ambas as pilhas são compostas somente por resíduos de uva e montadas há 6 meses no momento da coleta. O composto da empresa C era o único pronto para comercialização e continha 12% de resíduo de uva em sua composição final.

Somente o pátio das empresas A e C eram cobertos (Figura 2 e 4). A empresa B (Figura 3) as leiras são cobertas com lonas plásticas e os revolvimentos realizados em períodos de menor precipitação.

Além do resíduo de uva as empresas A e C recebem outros materiais para compostar como: resíduos da indústria de suco, resíduos da indústria de óleo vegetal, resíduos de incubatório entre outros.



Figura 2. A- Leira de compostagem da empresa A; B-resíduo de uvas em processo de compostagem.



Figura 3. A - leira de compostagem da empresa B; B - resíduo de uva em processo de compostagem.



Figura 4. Pátio de compostagem da empresa C; B- composto orgânico à base de resíduos de uva.

As recomendações constantes nas IN SDA/MAPA 17/2007 e IN SDA/MAPA 28/2007 foram aplicadas na condução de análises químicas e físicas. Os parâmetros avaliados neste estudo foram: umidade (65°C), pH, densidade, CRA10 (capacidade de retenção de água a 10 cm), condutividade elétrica (CE) nitrogênio total (N-total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), Cobre (Cu), carbono (C), capacidade de troca de cátions (CTC), relação CTC/C e a relação carbono/nitrogênio (C/N).

3.4 Avaliação do grau de maturação de compostos orgânicos

Existem diversos testes para avaliação do grau de maturação de compostos orgânicos. Estes são empregados para indicar se o material está ou não em condições de uso sem causar dano às sementes ou às raízes da cultura-alvo, ou seja, se apresenta fitotoxidez. Esta avaliação pode ser determinada por meio de plantas indicadoras ou plantas teste (Kiehl, 1985; Epstein, 1997).

3.4.1 Ensaio expedito de avaliação da fitotoxicidade

A determinação do grau de maturação do composto orgânico seguiu o método preconizado pela Organização Federal de Garantia da Qualidade de Composto (Federal Compost Quality Assurance Organisation -FCQAO) da Alemanha (2002), com adaptações locais decorrentes da época de condução do ensaio. Como alternativa à planta-teste cevada (*Hordeum vulgare*), utilizou-se arroz (*Oriza sativa*), por ser uma planta adaptada às condições locais da época de condução do ensaio (verão) e de fácil aquisição. A cultivar utilizada foi a Guri Inta CL.

O método recomenda que as sementes tenham no mínimo 90% de germinação. Para isso, realizou-se o teste de germinação das sementes de acordo com a metodologia adotada pelo MAPA (2009b). A quebra da dormência das sementes foi feita pré-aquecendo-as a 50 °C e, posteriormente emergindo-as em solução de KNO₃ a 0,2% por 24 horas. A unidade de germinação consiste em uma placa de petri contendo papel filtro umedecido onde foram dispostas 50 sementes. Ao todo foram montadas oito unidades de germinação que diariamente foram molhadas. As contagens foram feitas ao quinto e ao décimo quarto dia após a montagem das unidades de germinação obtendo-se o resultado final de 92% de germinação.

O ensaio com o composto orgânico a base de resíduos de vinificação coletados nas três empresas foi conduzido em recipientes de plástico com capacidade para 500 ml e em triplicata (Figura 7). Utilizou-se duas doses de cada composto coletado em duas proporções (m/m) (solo:composto) 3:1 (25%

composto) e 1:1 (50% composto), mais um tratamento com fertilização mineral de base para o arroz segundo recomendação do ROLAS 2004 e uma testemunha (somente solo) totalizando 24 unidades experimentais.



Figura 5. Unidades experimentais do ensaio de avaliação da fitotoxicidade do composto orgânico.

O solo utilizado foi o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (unidade de mapeamento Itapouã) (STRECK et al., 2008). Utilizou-se 50 sementes por unidade experimental de arroz da cultivar Guri Inta CL. Após 12 dias da germinação, as plantas foram colhidas e pesadas para a avaliação do rendimento em massa úmida em relação à testemunha sendo definido pela da equação abaixo:

$$R_{25/50\%} = \frac{R_T}{R_0} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

R= rendimento do composto em relação ao rendimento da testemunha (%) nas proporções de 25 e 50% (composto: solo);

R_T = rendimento do tratamento (massa úmida) (g);

R_0 = rendimento da testemunha (massa úmida) (g).

3.5 Ensaio para verificação do consumo de compostos de carbono pela microbiota do solo

Para avaliar a qualidade da matéria orgânica após a compostagem de resíduos da vitivinicultura, foi realizado um ensaio de respirometria, o qual consiste em estimar a taxa de evolução de CO_2 após a aplicação de diferentes quantidades de composto orgânico no solo. Ou seja, visando estimar a taxa de consumo dos compostos de carbono contidos na matéria orgânica pela microbiota do solo.

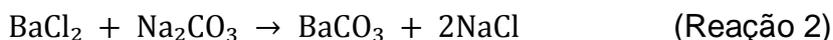
Neste estudo foi adotado o método em microcosmo proposto por Anderson (1982), com algumas adaptações. O CO_2 , resultante da decomposição da matéria orgânica adicionada pela microbiota do solo, foi coletado em copos plásticos de 50 ml suportado por uma armação de metal, contendo 20 ml de solução de NaOH ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) (Figura 8).



Figura 6. Unidades experimentais do ensaio de respirometria.

Os frascos eram fechados hermeticamente e mantidos em estufa no escuro a uma temperatura de $28 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Para determinação de CO_2 produzido, os frascos eram abertos para retirada dos coletores contendo o NaOH ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$). Adicionou-se 1 mL de solução de BaCl_2 35% e 3 gotas de fenolftaleína 1% aos coletores e, posteriormente titulou-se com solução de HCl ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) utilizando-se bureta eletrônica e agitador magnético. As reações químicas que

ocorrem na determinação de CO₂ coletado no frasco estão descritas nas equações a seguir:



Após cada determinação, copos plásticos contendo solução de NaOH eram recolocados nos frascos, em seguida novamente fechados. O intervalo de determinação de CO₂ variou conforme o consumo de NaOH em cada frasco, sendo inicialmente de 24 horas e aumentando durante a condução do experimento, encerrando-se após 100 dias do início do ensaio.

Para estimar a quantidade de CO₂ que evoluiu no período de incubação utilizou-se a fórmula proposta por Stotzky (1965) convertendo o valor encontrado para mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo:

$$\text{C} - \text{CO}_2 = (\text{V branco} - \text{V amostra}) \times \text{M} (\text{HCl}) \times \text{Eq} \times \text{FC} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

C-CO₂= total de carbono (mg de C. kg⁻¹ de solo) liberado na forma de CO₂;

V branco= volume de HCl gasto na titulação da prova em branco, em mL;

V amostra= volume de HCL gasto na titulação da amostra, em mL;

M= molaridade padronizada do HCL (mol L⁻¹);

Eq: equivalente grama do carbono (6);

FC: fator de correção para mg. kg⁻¹ de solo (5).

A notação C-CO₂ adotada neste trabalho refere-se ao carbono (C) determinado na forma de CO₂.

A taxa ou fração mineralizada do carbono (FMC) foi calculada pela fórmula:

$$\text{FMC} = \frac{(\text{C-CO}_2 \text{ tratamento}) - (\text{C-CO}_2 \text{ testemunha})}{\text{C adicionado ao solo}} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

FMC = fração mineralizada do carbono (%);

C-CO₂ tratamento = quantidade de carbono na forma de CO₂ (mg kg⁻¹ de solo) determinado pela respirometria no tratamento;

C-CO₂ testemunha = quantidade de carbono na forma de CO₂ (mg kg⁻¹ de solo) determinado pela respirometria no tratamento testemunha de solo;

C adicionado = quantidade de carbono adicionado ao solo pelos resíduos (mg kg⁻¹ de solo).

3.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) utilizando o software SAS Enterprise Guide Versão 6.1 2013. Os resultados da concentração de nutrientes dos resíduos, compostos orgânicos a base de resíduo de uva, compostos fenólicos totais e a fração de mineralização de carbono (FMC) quando significativos ($p < 0,05$), tiveram suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Adicionalmente, os resultados consumo do carbono de composto orgânico pela microbiota do solo foram submetidos à análise de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resíduos de vinificação

4.1.1 Caracterização físico-química

O maior teor de N foi encontrado no bagaço de Merlot (2%) e o menor no engaço de Isabel (0,73%). Os resultados encontrados são similares a aqueles encontrados em trabalhos de caracterização química dos resíduos de vinificação Briton & York (2003 a) encontraram teor médio de N (2,53%) em bagaço de uva Merlot, enquanto Bustamante et al., (2007), encontraram teor médio de nitrogênio no bagaço de 2,03% e no engaço de 1,24%. Em outro estudo, que avaliou engaço utilizado para compostagem, o teor médio de N analisado foi de 1,1% (Bertran et al. 2004).

As concentrações de P nos resíduos estudados (engaço e bagaço) de uma mesma uva não variaram. O teor de fósforo (P) foi maior no engaço de Chardonay da vinícola 1 (0,36%) e menor no bagaço de Isabel e Merlot (0,19%). Bertran et al. (2004) encontraram teores médios de P de 0,1% para engaço, sendo estes inferiores ao desse estudo.

O teor de K foi maior no engaço de Chardonay vinícola 1 (2,64%) e menor no bagaço de Isabel (1,14%). Bustamante et al. (2007) encontraram teores médios de 3,24%, demonstrando que esse resíduo é rico em potássio. Melo (2012) identificou teores de 1,04 % para bagaço e 1,31% para engaço. Briton & York (2003 a) encontraram teores que variaram de 1,5 a 3,0% em bagaço de uva. Nos resíduos industriais de goiaba e de cana de açúcar, por exemplo, o teor médio de K é de 0,3 e 0,11%, respectivamente. Sendo estes

teores menores ao do resíduo de uva (Mantovani et al., 2004; Severino et al., 2006).

A concentração de cálcio foi maior no engaço de Isabel (0,63%) e menor no bagaço de Chardonay vinícola 2 (0,22%). O teor médio de Mg no engaço foi de 0,15% e no bagaço 0,09%. Para as diferentes uvas o Mg foi maior no engaço de Cabernet Sauvignon (0,19%) e menor no bagaço de Chardonay (0,08%). Bustamante et al. (2008) encontraram teores médios Ca e Mg no bagaço de 0,95% e 0,21% respectivamente e para o engaço teores de 0,94% para o Ca e 0,12% para Mg.

O cobre nos resíduos foi avaliado, principalmente pela expectativa de altas concentrações no material devido às frequentes aplicações de calda bordalesa (sulfato de cobre) nos vinhedos da região. A concentração de Cu no engaço de Merlot foi significativamente maior e menor no bagaço de Chardonay da vinícola um. Bustamante et al. (2008), em estudo de caracterização de resíduos de vinificação, encontraram teores médios inferiores aos determinados neste estudo, sendo 22 e 28 mg kg⁻¹ para bagaço e engaço, respectivamente. Os autores sugeriram que as diferenças entre os teores podem estar relacionadas com a frequência de aplicações de sulfato de cobre no vinhedo, pois as aplicações são realizadas de forma preventiva contra doenças fúngicas, principalmente míldio (*Plasmophora viticola*). Os tratamentos no vinhedo se intensificam no período que compreende o término da floração até o pós-colheita (Sônego & Garrido, 2015). Essa prática pode levar ao acúmulo de Cu no solo, como já observado na região (Matsuoka, 2006).

Foi constatada ampla variação na relação C/N dos resíduos. O engaço de Cabernet Sauvignon apresenta a maior relação C/N (47) e o bagaço de Merlot a menor (22). Caso esses resíduos fossem destinados ao processo de compostagem haveria necessidade de adição de outros resíduos para adequar a relação C/N, ou mesmo fontes concentradas de N (como fertilizantes inorgânicos) para aperfeiçoar o processo (Kiehl, 1985)

A borra é um material distinto dos demais resíduos, por apresentar consistência pastosa, às vezes podendo mesmo ser líquida, com até 70% de vinho, como comprovado pelo alto teor de umidade (Tabela 7). O teor de K presente nas borras, em comparação com os resíduos sólidos, pode ser devido à precipitação dos sais de potássio em cristais que estão presentes no vinho e

também pela adição de metabissulfito de potássio ao mosto para aperfeiçoar o processo de vinificação (Meneguzzo, 2006a).

Tabela 6. Caracterização físico-química dos resíduos sólidos de vinificação

Resíduo ¹	Vinícola	Umidade	Parâmetro ²							C:N
			C	N	P	K	Ca	Mg	Cu	
			-----%-----							mg kg ⁻¹
B/C	V1	65	41 ± 0,41 ^{AB}	1,30 ± 0,00 ^B	0,28 ± 0,01 ^{ABCD}	1,39 ± 0,07 ^C	0,25 ± 0,01 ^D	0,08 ± 0,00 ^{CD}	24,35 ± 0,85 ^C	32
	V2	72	39 ± 0,82 ^{AB}	1,40 ± 0,00 ^B	0,25 ± 0,03 ^{BCD}	1,62 ± 0,08 ^{CD}	0,22 ± 0,01 ^D	0,08 ± 0,01 ^D	64,62 ± 8,68 ^C	28
E/C	V1	64	37 ± 0,82 ^{AB}	0,93 ± 0,00 ^D	0,36 ± 0,03 ^A	2,64 ± 0,14 ^A	0,27 ± 0,02 ^D	0,09 ± 0,00 ^{CD}	37,37 ± 2,73 ^C	39
	V2	69	39 ± 0,41 ^{BC}	1,10 ± 0,00 ^C	0,32 ± 0,04 ^{AB}	2,38 ± 0,17 ^{AB}	0,39 ± 0,03 ^C	0,15 ± 0,04 ^{AB}	71,18 ± 10,00 ^C	36
B/CS	V3	74	43 ± 0,41 ^A	1,97 ± 0,00 ^A	0,30 ± 0,03 ^{ABC}	1,42 ± 0,03 ^{CD}	0,25 ± 0,03 ^D	0,09 ± 0,00 ^{CD}	193,80 ± 17,70 ^B	22
E/CS	V3	65	39 ± 0,82 ^{AB}	0,83 ± 0,01 ^{DE}	0,24 ± 0,01 ^{BCD}	2,32 ± 0,11 ^{AB}	0,47 ± 0,01 ^B	0,19 ± 0,01 ^A	312,21 ± 17,30 ^A	47
B/M	V3	71	43 ± 1,22 ^A	2,00 ± 0,07 ^A	0,28 ± 0,01 ^{ABCD}	1,44 ± 0,09 ^{CD}	0,27 ± 0,01 ^D	0,09 ± 0,00 ^{CD}	145,03 ± 9,57 ^B	22
E/M	V3	79	36 ± 0,41 ^{BC}	0,92 ± 0,02 ^D	0,19 ± 0,01 ^D	2,19 ± 0,03 ^B	0,51 ± 0,02 ^B	0,17 ± 0,01 ^{AB}	322,82 ± 24,3 ^A	39
B/I	V4	60	39 ± 0,41 ^{AB}	1,27 ± 0,08 ^B	0,19 ± 0,02 ^D	1,14 ± 0,07 ^D	0,25 ± 0,02 ^D	0,09 ± 0,00 ^{CD}	149,22 ± 13,10 ^B	31
E/I	V4	80	32 ± 4,30 ^C	0,73 ± 0,05 ^E	0,22 ± 0,01 ^{CD}	1,56 ± 0,09 ^C	0,63 ± 0,03 ^A	0,14 ± 0,00 ^{BC}	264,99 ± 20,00 ^A	44

¹ B-bagaço; E-engajo; C- Chardonay; CS- Cabernet Sauvignon; M- Merlot; I- Isabel. ² Parâmetros em base seca; média de três repetições ± erro padrão; médias seguidas de mesma letra não diferiram pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 7. Caracterização físico-química das borras de uvas.

Resíduo ¹	Vinícola	Umidade	Parâmetro ²							
			C	N	K	P	Ca	Mg	Cu	C:N
		-----%-----			-----mg kg ⁻¹ -----					
Borra C	V2	81	5,50	0,45	2,20	895,01	184,12	142,30	141,56	12
Borra CS	V3	96	4,70	0,05	0,78	326,09	109,56	156,83	53,45	96
Borra M	V3	86	2,60	0,14	0,70	160,87	93,33	88,71	12,99	19

¹ C- Chardonay, CS- Cabernet Sauvignon, M- Merlot; ² Base seca.

4.1.2 Avaliação de compostos fenólicos totais

Comparando entre os resíduos de uma mesma uva o teor de fenólicos totais é maior na semente de Chardonnay, Cabernet Sauvignon em comparação com o engaço e a pele destas mesmas uvas. Na uva Merlot e Isabel o maior teor de fenólicos está no engaço, seguido da semente e pele. Segundo Giovannini (2008), a concentração de compostos fenólicos é maior na semente e no engaço devido principalmente aos teores de taninos.

Entre os resíduos de uva analisados o teor de compostos fenólicos totais no engaço foi maior na uva Merlot (6.771,42 mg EAG 100 g⁻¹ MS) e o menor em Chardonnay vinícola 2 (1.474, 47 mg EAG 100 g⁻¹MS). Na pele o teor foi maior em Cabernet Sauvignon (818,95 mg EAG 100 g⁻¹) e menor em Chardonnay vinícola 2 (218,56 mg EAG 100 g⁻¹ MS). Para a semente foi maior em Chardonnay vinícola 1 (4.946,51 mg EAG 100 g⁻¹MS) e o menor em Isabel (1.945,42 mg EAG 100 g⁻¹ MS)

Teor médio para o engaço 5798 mg EAG 100 g⁻¹ MS quantificado por Makris et al. (2007) é semelhante aos determinados no presente estudo. Centeno *et al.* (2013) quantificaram compostos fenólicos em bagaço de uvas Chardonnay, encontrando 3891 mg EAG 100 g⁻¹. Melo et al. (2011) obtiveram 2094 mg EAG 100 g⁻¹ em bagaço de uva branca (cultivar Verdejo). Ao que tudo indica, por não ocorrer separação da pele e da semente, uma maior quantidade de fenólicos das uvas brancas pode ser atribuído, nesse caso, à semente.

Para o bagaço de uva Isabel, Melo et al. (2011), quantificaram teor médio de 1.657 mg EAG 100 g⁻¹. No trabalho de Rockemback (2008), o teor médio para bagaço de uvas tintas foi de 3.730 mg EAG 100g⁻¹.

De outra parte, Soares et al. (2008) quantificaram os fenólicos totais da pele de uva Isabel in natura, sem passar pelo processo de industrialização, sendo o teor médio de 1.026,69 mg EAG 100 g⁻¹. Esse valor é superior ao quantificado no presente estudo (471,06 mg EAG 100 g⁻¹), indicando que quando a uva, principalmente a Isabel, é destinada para o processamento para elaboração de sucos, a maior parte dos compostos fenólicos presentes no bagaço são transferidos para o mosto ao longo da maceração (Mello & Silva, 2014).

Tabela 8. Teor de compostos fenólicos totais dos diferentes resíduos sólidos de vinificação

Uva	Vinícola	Engaço	Pele	Semente
		----- mg EAG 100 g ⁻¹ MS -----		
Chardonay	V1	3.369,00 ± 114,12 ^{Cb*}	247, 56 ± 14,50 ^{Bc}	4.946,51 ± 54,45 ^{Aa}
Chardonay	V2	1.474 ± 8,5 ^{Eb}	218,56 ± 6,90 ^{Bc}	4.511,44 ± 18,58 ^{Ba}
Cabernet Sauvignon	V3	1.938,47 ± 134,77 ^{Db}	818,95 ± 8,67 ^{Ac}	3.307,94 ± 20,04 ^{Ca}
Merlot	V3	6.771, 42 ± 28,95 ^{Aa}	267,06 ± 30,69 ^{Bc}	2.017,80 ± 204,68 ^{Db}
Isabel	V4	5.717,35 ± 99,62 ^B	471,06 ± 0,94 ^{ABc}	1.945, 42 ± 7,35 ^{Eb}

*Média de três repetições ± erro padrão; letras maiúsculas comparam na coluna e letras minúsculas, na linha; médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

É importante considerar que ainda há compostos fenólicos nos resíduos, em diferentes concentrações que dependem do processo de fabricação e da variedade da uva (Campos, 2005). Essas diferenças encontradas na literatura e no presente trabalho podem ser explicadas pelas cultivares de uva, solos e clima, processamento na indústria vinícola e o método de extração. Todos esses fatores podem interferir nos teores de compostos fenólicos m resíduos (Rockembach, 2008).

Os polifenóis presentes nos resíduos de vinificação têm efeito fitotóxico e também antimicrobiano. Passando por algum tipo de tratamento, como compostagem, por exemplo, o material reduz a fitotoxicidade durante o processo e pode ser destinado para fins agrícolas (Bustamante et al., 2008). Porém, a extração dos compostos fenólicos dos resíduos de vinificação é uma alternativa de valorização desse material, antes de um destino menos nobre. Vários trabalhos têm demonstrado que esses compostos têm potencial para substituir antioxidantes sintéticos na indústria de alimentos, farmacêutica, etc. (Maraschin, et al., 2002; Fuleki & Silva, 2003). Entretanto, se faz necessária a realização de estudos complementares para avaliar se a extração desses compostos bioativos é viável economicamente.

4.2 Composto orgânico à base de resíduo vitivinícola

4.2.1 Caracterização físico-química

Os resultados das análises químicas e físicas dos compostos orgânicos então discriminados na Tabela 9. O carbono e o nitrogênio são os componentes mais importantes da atividade microbiana e, conseqüentemente, da compostagem. Para esses dois parâmetros houve diferença significativa entre os compostos das diferentes empresas ($p < 0,05$). O teor de carbono foi maior na empresa B (38,46%) e menor na empresa A (26,20%). O nitrogênio foi maior nos compostos das empresas C e B menor em A. O nitrogênio é limitante atividade microbiana e para a taxa de decomposição da matéria orgânica, pois os microrganismos precisam do N para a síntese de proteínas.

A relação C/N pode indicar o grau de decomposição do composto. Segundo Kiehl (1985), valores de relação C/N entre 10 e 18 indicam que o

material está estabilizado e pronto para utilização. No presente estudo, os compostos da empresa A e C estão na faixa indicada (Tabela 9). Foi observado que na pilha de compostagem da empresa B, matéria orgânica facilmente decomponível, principalmente a pele, fora praticamente toda consumida, restando apenas sementes e engaço. Esses, por conterem lignina e hemicelulose em maior quantidade, demoram mais tempo para serem degradados pelos microrganismos, o que necessitaria de uma fonte externa de N para aperfeiçoar o processo.

O teor de P foi significativamente maior na empresa C (1,00%). Segundo Kiehl (1985), os teores médios para compostos orgânicos estabilizados seriam entre 0,5 e 1,5%. Especificamente para resíduos de vinícolas, Arvanitoyannis et al., (2006) estimaram teores P estão entre 0,18 - 0,52%.

Os resíduos de uvas são ricos em K, sendo esperado que os compostos derivados também. A comparação entre os diferentes compostos orgânicos mostrou que o teor de K foi significativamente maior para o composto A (2,28%) seguida do composto B (1,96%) e C (1,38%). Esses valores de K encontrados (1,89%) são similares aos observados por Ferrer et al. (2001).

O teor de Ca diferiu entre todos os compostos sendo maior no composto A (6,27%) e menor no composto B (0,66%). O teor de Mg foi significativamente maior na empresa C (0,40%). Provavelmente os teores de Ca e Mg no composto da empresa C refletem a adição de resíduos de incubatório no processo de compostagem. Esse material contém valores médios de 24,72% de cálcio e 0,24% para magnésio (Nunes, et al., 2005).

O teor de Cu foi maior no composto da empresa B (204,81 mg kg⁻¹) e menor na no composto da empresa C (133,17 mg kg⁻¹). A Instrução Normativa SDA/MAPA 25 (Brasil, 2009) não considera o Cu um elemento de risco, não estabelecendo um limite máximo, somente teor mínimo de 0,05%. Porém, como já citado anteriormente, o resíduo de vinificação contém quantidades significativas de Cu em sua composição devido, principalmente, ao sulfato de cobre aplicado nos vinhedos. Aliado a isso, o uso do composto com altos teores de Cu ou mesmo a disposição do resíduo no solo podem aumentar ainda mais os teores desse elemento e, conforme Santos et al.(2004), teores acima de 100 mg kg⁻¹ de cobre no solo podem provocar fitotoxidez em plantas.

Tabela 9. Caracterização físico-química do composto orgânico à base de resíduo de uvas.

Empresa/ Amostra	Parâmetro ¹							C/N	
	C	N	P	K	Ca	Mg	Cu		
	-----%-----							mg kg ⁻¹	
A1	23,88 ± 0,71	1,63 ± 0,04	0,26 ± 0,03	2,30 ± 0,09	1,70 ± 0,18	0,21 ± 0,03	162,67 ± 11,72	15	
A2	28,51 ± 0,71	1,57 ± 0,04	0,28 ± 0,02	2,35 ± 0,05	1,31 ± 0,03	0,19 ± 0,00	152,08 ± 6,84	18	
A3	26,27 ± 0,71	1,43 ± 0,04	0,25 ± 0,01	2,22 ± 0,09	1,40 ± 0,02	0,19 ± 0,01	147,70 ± 3,69	18	
Média	26,20 ± 1,88 ^C	1,54 ± 0,07 ^B	0,27 ± 0,02 ^B	2,29 ± 0,08 ^A	1,47 ± 0,15 ^B	0,19 ± 0,02 ^B	154,15 ± 8,46 ^B	17 ^{AB}	
B1	39,57 ± 0,71	1,73 ± 0,27	0,24 ± 0,01	1,78 ± 0,11	0,65 ± 0,02	0,19 ± 0,02	267,61 ± 5,39	23	
B2	38,06 ± 0,71	2,17 ± 0,39	0,33 ± 0,00	2,34 ± 0,22	0,67 ± 0,04	0,22 ± 0,02	74,17 ± 9,56	18	
B3	37,76 ± 0,71	2,03 ± 0,23	0,22 ± 0,00	1,79 ± 0,07	0,67 ± 0,01	0,18 ± 0,01	272,66 ± 8,82	19	
Média	38,46 ± 1,33 ^A	1,98 ± 0,29 ^A	0,26 ± 0,04 ^B	1,97 ± 0,23 ^B	0,67 ± 0,02 ^C	0,20 ± 0,02 ^B	204,81 ± 69,66 ^A	20 ^A	
C1	29,36 ± 0,71	1,97 ± 0,04	1,12 ± 0,07	1,28 ± 0,02	7,10 ± 0,61	0,41 ± 0,00	130,55 ± 2,88	15	
C2	33,00 ± 0,71	2,07 ± 0,08	0,91 ± 0,01	1,38 ± 0,09	5,52 ± 0,12	0,38 ± 0,01	133,13 ± 10,04	16	
C3	32,63 ± 0,71	2,10 ± 0,19	0,95 ± 0,02	1,46 ± 0,10	6,21 ± 0,17	0,40 ± 0,02	135,84 ± 7,56	16	
Média	31,67 ± 1,41 ^B	2,04 ± 0,1 ^A	1,00 ± 0,08 ^A	1,37 ± 0,09 ^C	6,28 ± 0,58 ^A	0,40 ± 0,01 ^A	133,17 ± 6,65 ^C	15 ^B	

¹ Média de três repetições ± erro padrão; Letras maiúsculas comparam entre os diferentes compostos orgânicos pelo teste de Tukey (p<0,05).

O pH foi maior no composto C (8,60) e menor no composto B (6,78) (Tabela 10). Além do fato do pH ao final da compostagem ser considerado ótimo acima de 7,5 (Kiehl, 1985), a empresa C, como já citado anteriormente, usa resíduos de incubatório, que em sua maior parte contém cascas de ovos. O carbonato de cálcio corresponde a 94% da constituição da casca, sendo considerado o seu principal constituinte (Rivera et al., 1999).

A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração e sais ionizáveis na solução e fornece um parâmetro para a estimativa da salinidade do substrato. Segundo Bissani et al. (2008), os sais dissolvidos tornam o potencial osmótico da solução mais negativo e a planta tem que superar esse potencial para absorver água, ou seja, ela terá dificuldades em absorver água mesmo em condições de boa umidade, pode ocorrer seca fisiológica. Cavins et al. (2000) propõem faixas de valores de condutividade elétrica (mS cm^{-1} a 25 °C) para vários métodos de extração sendo que, os resultados encontrados no presente estudo demonstram que os compostos orgânicos avaliados A e C estão na faixa de indicação extrema onde a maioria das plantas cultivadas sofrerá injúrias como podridões radiculares, manchas foliares, sendo que o único dos compostos orgânicos avaliados que se encontra na faixa normal considerada padrão para o crescimento da maioria das plantas é o composto orgânico B.

A umidade é um parâmetro importante de ser analisado, primeiro porque, se for muito alta, acima de 60% pode causar inativação microbiana e reduzir o processo de compostagem (Epstein, 1997); segundo que, para o composto pronto, a umidade influenciará na distribuição do material no campo. Cabe salientar que os valores desejáveis para o teor de umidade no composto pronto ficam entre 15 e 35% (Kiehl, 1985). A umidade foi menor para o composto C (28,29%) em comparação com o composto A (63,47%) e B (50,16%) (Tabela 10). Para esses, a umidade não diferiu entre si, podendo estar relacionado com o fato de ambos ainda não estarem prontos. Entre os três compostos orgânicos avaliados somente o composto C está dentro da faixa desejável, provavelmente por ser o único pronto e os demais estarem ainda sofrendo transformações microbianas. No caso do composto B, a umidade é justificada, por não ocorrerem revolvimentos mais frequentes na

pilha de compostagem o que proporcionaria maior aeração aperfeiçoa o processo. Nesse caso, há o aumento da umidade e maior produção de percolado (chorume). Cabe salientar que essa empresa prefere que haja maior produção desse percolado, pois ele é utilizado como base orgânica para formulação de um fertilizante organomineral líquido.

A densidade média foi maior no composto orgânico B ($641,14 \text{ kg m}^{-3}$) e a CRA10 foi maior no composto orgânico A (74,57%) (Tabela 10). O maior valor de CTC foi do composto B ($724,22 \text{ mmol kg}^{-1}$), seguido de C ($662,67 \text{ mmol kg}^{-1}$) e menor em A ($620,67 \text{ mmol kg}^{-1}$) (Tabela 10). A importância da CTC na avaliação dos compostos orgânicos está no fato de o processo de decomposição da matéria orgânica produzir grupos funcionais (ácidos carboxílicos, fenóis, álcool, etc.) e aumentam da CTC devido às cargas elétricas de superfície. Ela pode servir como parâmetro para indicar o grau de maturação do composto orgânico, como o de lixo urbano, sendo os valores mínimos para esse composto de 600 mmol kg^{-1} (Harada & Inoko, 1980).

A relação CTC/C pode ser indicada para avaliar o grau de humificação dos materiais orgânicos, podendo ser empregada para avaliar a qualidade do composto orgânico (Rodella & Alcarde, 1994). A IN 25/2009 estabelece que esse parâmetro seja declarado no laudo de análise do composto para fins de garantia do produto comercial. Entretanto, não há valores de referência que definam a adequação do que é medido. Os valores para o composto orgânico A (2,38) foram significativamente maiores que os demais compostos estudados (Tabela 10). Valores médios da relação CTC/C bem próximos (2,28) foram aferidos em um estudo realizado por Bernal et al., (1998), para um composto à base de lodo de esgoto, palha de milho e águas residuárias da indústria de oliva na fase de maturação. Segundo os mesmos autores esse parâmetro pode ser utilizado para estabelecer o grau de maturidade do composto orgânico.

4.3 Ensaio de maturação do composto

Segundo a metodologia adotada neste estudo, o composto pode ser considerado adequado para uso se planta teste não apresentar cloroses visíveis ou necroses nas folhas e a massa verde na proporção de 3:1 (so-

Tabela 10. Atributos físico-químicos requeridos pela IN MAPA 17/2007 para composto orgânico comercial, obtidos de empresas produtoras na região da Serra Gaúcha

Empresa/ Amostra	Parâmetro ¹						
	pH	CE (mS cm ⁻¹)	Umidade %	Densidade kg m ⁻³	CRA10 % (m/m)	CTC mmol kg ⁻¹	CTC/C
A1	9,11 ± 0,16	1,71 ± 0,01	38,86 ± 7,12	506,53 ± 21,24	75,22 ± 2,18	645,00 ± 61,44	2,70 ± 0,50
A2	8,79 ± 0,08	1,60 ± 0,01	64,85 ± 6,99	528,4 ± 3,45	74,47 ± 0,63	677,67 ± 36,12	2,38 ± 0,18
A3	6,43 ± 0,06	1,69 ± 0,05	46,78 ± 8,49	615,44 ± 12,15	74,02 ± 0,08	539,33 ± 8,89	2,05 ± 0,04
Média	8,21 ± 0,93 ^B	1,66 ± 0,04 ^B	50,16 ± 10,46 ^A	550,13 ± 37,38 ^B	74,57 ± 1,19 ^A	620,67 ± 57,01 ^B	2,38 ± 0,22 ^A
B1	6,99 ± 0,09	0,38 ± 0,01	59,92 ± 4,32	657,49 ± 5,26	61,44 ± 0,30	713,00 ± 53,05	1,80 ± 0,14
B2	6,72 ± 0,28	0,60 ± 0,00	53,06 ± 22,37	560,08 ± 8,32	56,45 ± 0,05	735,00 ± 41,21	1,94 ± 0,18
B3	6,73 ± 0,04	0,44 ± 0,00	77,43 ± 8,92	625,66 ± 8,70	59,97 ± 0,53	724,67 ± 71,94	1,92 ± 0,22
Média	6,78 ± 0,15 ^C	0,47 ± 0,08 ^C	63,47 ± 14,45 ^A	614,41 ± 31,11 ^A	59,29 ± 1,60 ^C	724,22 ± 49,67 ^A	1,89 ± 0,17 ^B
C1	8,44 ± 0,17	2,30 ± 0,01	37,27 ± 3,53	510,57 ± 5,89	70,24 ± 0,12	585,00 ± 24,75	2,00 ± 0,16
C2	8,8 ± 0,06	3,56 ± 0,01	24,39 ± 8,18	520,68 ± 1,21	69,67 ± 0,70	674,00 ± 8,03	2,04 ± 0,05
C3	8,65 ± 0,06	3,63 ± 0,01	23,22 ± 0,76	521,96 ± 3,25	70,63 ± 0,40	729,00 ± 1,41	2,23 ± 0,04
Média	8,60 ± 0,17 ^A	3,16 ± 0,53 ^A	28,29 ± 6,53 ^B	527,74 ± 5,13 ^C	70,18 ± 0,50 ^B	662,67 ± 46,37 ^{AB}	2,09 ± 0,11 ^B

¹ Média de três repetições ± erro padrão; Letras minúsculas comparam entre os pontos de coleta na pilha e letras maiúsculas entre as empresas; * não significativo Tukey (p<0,05).

lo:composto) atingir, pelo menos, 90% de rendimento em relação a testemunha.

Caso o composto em análise tenha atendido esses requisitos, poderá ser destinado ao uso como corretivo e fertilizante. Se a variação na proporção de composto de 1:1 (solo: composto) também atingir, pelo menos, 90% do rendimento em massa fresca em relação à testemunha, o composto pode, além disso, ser recomendado para uso em misturas para compor substratos para plantas, juntamente com a avaliação de parâmetros como salinidade, pH e nutrientes.

Tabela 11. Rendimento de massa úmida para as diferentes proporções de compostos orgânicos A, B e C avaliados

Composto/Proporção	Massa úmida (g) ¹	Rendimento (%) ¹
Testemunha	2,20 ± 0,21	-
Mineral	2,93 ± 0,02	133,16 ± 1,03
A/25	1,12 ± 0,08	50,91 ± 3,56
A/50	0,21 ± 0,07	9,62 ± 3,32
B/25	2,63 ± 0,13	119,47 ± 5,95
B/50	2,20 ± 0,06	99,80 ± 2,67
C/25	0,53 ± 0,11	24,04 ± 5,07
C/50	0,16 ± 0,03	7,41 ± 1,26

¹ Média de três repetições ± erro padrão

Para os três compostos avaliados a expectativa era de que o composto da empresa C desse o maior rendimento em relação à testemunha. Entretanto, em ambas as proporções os rendimentos foram inferiores a 25%. Visualmente esse material parece estar estabilizado e maturado, pois atende aos parâmetros químicos e físicos estabelecidos pela legislação. Todavia, no decorrer do ensaio, notou-se sob a superfície das unidades experimentais o crescimento de bolores, o que pode indicar que o material ainda não estava pronto para uso. Além disso, a condutividade elétrica tanto do composto A quanto do composto C, foram consideradas na faixa extrema, podendo ter interferido no desenvolvimento das plantas (Cavins et al., 2000).

Somente o composto orgânico B, nas duas proporções avaliadas, se enquadraram nos critérios da metodologia. Como mencionado anteriormente, visualmente esse composto contém sementes e engaço de uva praticamente intactos, dessa maneira esse material pode ser considerado inerte. A CE também pode ter influenciado no rendimento acima de 90% desse composto, pois esta foi considerada na faixa normal, padrão para a maioria das plantas em crescimento (Cavins et al., 2000). O composto A, aparentemente decomposto, na proporção 3:1 apresentou rendimento acima de 50%, mas também clorose nas folhas, não se adequando em nenhum dos critérios estabelecidos pelo método. Não podendo esquecer de que esse composto, assim como o B, não estava pronto.

Existem outros métodos para avaliar o grau de maturação e estabilidade de compostos orgânicos, como o método usado neste estudo, inclusive alguns relativamente mais rápidos. Testes de germinação usando plantas sensíveis, como a agrião, podem gerar índices de germinação para avaliar o grau de maturação do composto (Zucconi et al., 1981). Cabe salientar, que esses métodos biológicos são considerados complementares aos testes químicos e físicos. Somente ensaios com plantas não podem estabelecer conclusivamente se o composto está maturado e estabilizado, pronto para o uso (Epstein, 1997).

4.4 Consumo de compostos de carbono pela microbiota do solo

A adição de resíduos orgânicos pode aumentar a atividade microbiana no solo devido à maior disponibilidade de energia e substrato, com aumento da atividade biológica e produção de CO₂ (Stosky, 1965). Com a estimativa da atividade microbiana através da respiração basal (produção de CO₂) foi possível avaliar os efeitos dos diferentes compostos durante o período de incubação (Figura 9).

Quando se adiciona um resíduo orgânico ao solo em condições de equilíbrio, a população microbiana é estimulada em função da adição do C-oxidável e as demandas de nutrientes pela microbiota decompositora aumentam. A taxa de liberação de CO₂ aumenta e também aumenta rapidamente a demanda por nutrientes para atender as necessidades dos microrganismos (Moreira & Siqueira, 2006).

Os resultados do ensaio de respirometria foram significativos para as diferentes doses de cada composto no decorrer do tempo de incubação ($p < 0,05$). Estes dados foram submetidos à análise de regressão. As equações evidenciam que o modelo quadrático foi o que apresentou os maiores (R^2) entre a produção de CO_2 x tempo (Tabela 12).

Nas figuras 7, 8 e 9 está demonstrado o carbono emitido acumulado durante o período de 120 dias de incubação dos três compostos orgânicos aplicados ao solo. A testemunha (solo sem adição de composto) apresentou a menor quantidade acumulada de C- CO_2 em todas as avaliações, o que se deve ao avançado estágio de humificação da matéria orgânica presente no solo. O aumento nas doses dos três compostos orgânicos aplicados resultou em incremento na produção de CO_2 , não ocorrendo em nenhuma das doses de nenhum dos compostos inibição do processo respiratório.

No geral o acúmulo de CO_2 é maior nas doses maiores. Analisando em detalhe a evolução de C- CO_2 acumulado para os diferentes tratamentos, foram observadas as diferenças significativas para os compostos A e C a partir do segundo dia. A produção de C- CO_2 pelo composto B é menor em relação à A e C. Esse fato pode estar relacionado às sementes e engajo, praticamente não decompostos na compostagem. Efetivamente estes materiais são de difícil decomposição pela microbiota do solo.

Quando a taxa de liberação de CO_2 decresce, demonstrado pela tendência de estabilização das curvas de produção de C- CO_2 , parte dos nutrientes contidos no material adicionado, já foram convertidos em biomassa, tornando-se disponíveis e aumentando o fornecimento de nutrientes no solo (Moreira E Siqueira, 2006).

A fração de mineralização de carbono (FMC) foi diferente para os três compostos, independente da dose de aplicação. Porém não houve diferença significativa ($p = 0,1101$) comparando entre as doses de um mesmo composto (Tabela 13).

Os valores da fração de mineralização podem ser atribuídos principalmente à relação C/N dos compostos. Maiores taxas de decomposição estão relacionadas com baixa relação C/N e com a composição da fração orgânica. Andrade (2004), ao estudar a cinética de mineralização de quatro

lodos de esgoto, em dose correspondente a 40 t ha^{-1} e com relação C/N nos resíduos inferiores a 12, encontrou FMC entre 7 e 22%.

Tabela 12. Análise de regressão da produção acumulada de C-CO₂ em função da incubação de misturas de composto: solo até 120 dias

Dose aplicada de composto (t ha ⁻¹)	Equações	Significância	R ²	Erro
Testemunha (solo)	$y = - 0,03394262 x^2 + 8,26998280 x + 51,95563183$	p< 0,0001	0,98	23,67
A (10)	$y = - 0, 0506154 x^2 + 10, 4788292 x + 139, 0704787$	p< 0,0001	0,97	30,24
A (20)	$y = -0, 0505066 x^2 + 11, 3623484 x + 176, 6528076$	p< 0,0001	0,97	38,63
A (30)	$y = - 0, 06731114 x^2 + 14, 3068462 x + 216, 5026212$	p< 0,0001	0,96	35,72
B (10)	$y = - 0, 03280248 x^2 + 8, 85892899 x + 51, 35481139$	p< 0,0001	0,98	23,12
B (20)	$y = - 0, 002732232 x^2 + 8, 38546454 x + 66, 67465943$	p< 0,0001	0,97	31,80
B (30)	$y = - 0, 033041814 x^2 + 9, 51767153 x + 50, 00253727$	p< 0,0001	0,99	16,06
C (10)	$y = - 0, 0690024 x^2 + 13, 0005873 x + 126, 1571784$	p< 0,0001	0,96	42,63
C (20)	$y = - 0, 0834887 x^2 + 15, 0922353 x + 188, 9735575$	p< 0,0001	0,92	69,36
C (30)	$y = - 0, 1004776 x^2 + 16, 4638764 x + 222, 9893603$	p< 0,0001	0,94	66,95

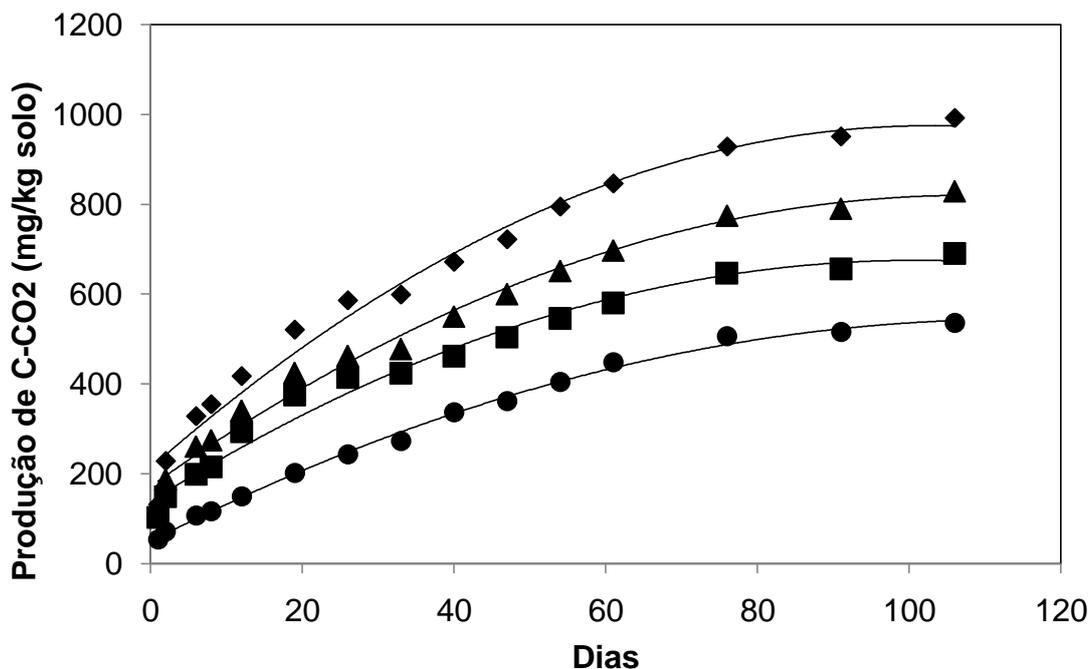


Figura 7. Evolução cumulativa de C-CO₂ (mg kg⁻¹) do composto orgânico A aplicado em um argissolo em diferentes doses: - ● - testemunha, - ■ - 10 t ha⁻¹, - ▲ - 20 t ha⁻¹, - ◆ - 30 t ha⁻¹; Média de três repetições.

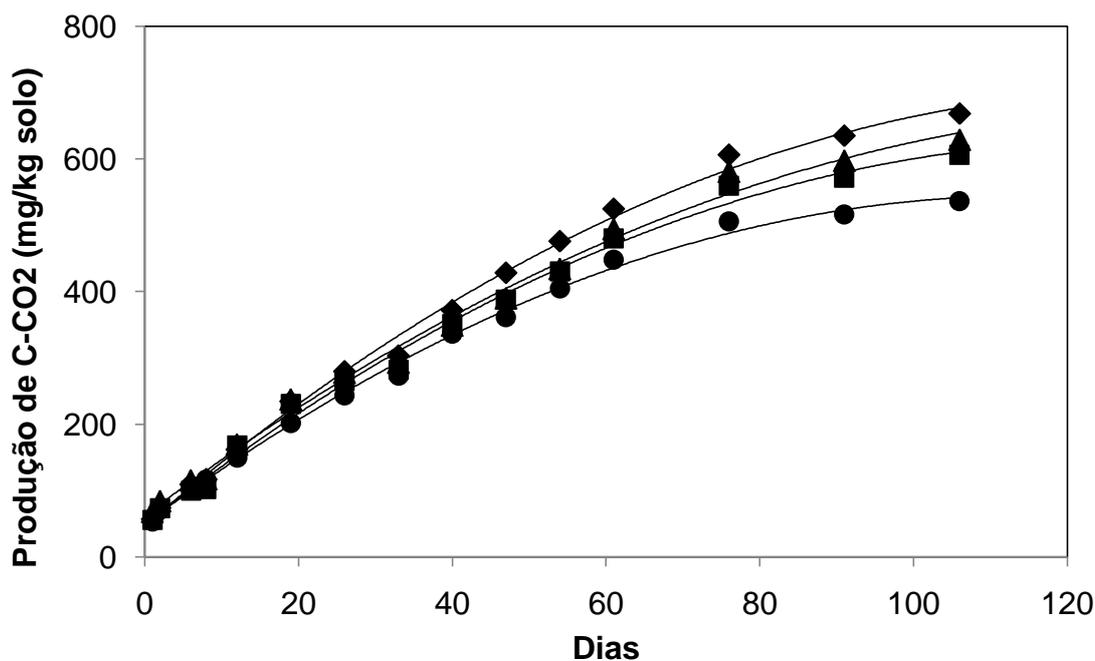


Figura 8. Evolução cumulativa de C-CO₂ (mg kg⁻¹) do composto orgânico B aplicado em um argissolo em diferentes doses: - ● - testemunha, - ■ - 10 t ha⁻¹, - ▲ - 20 t ha⁻¹, - ◆ - 30 t ha⁻¹; Média de três repetições.

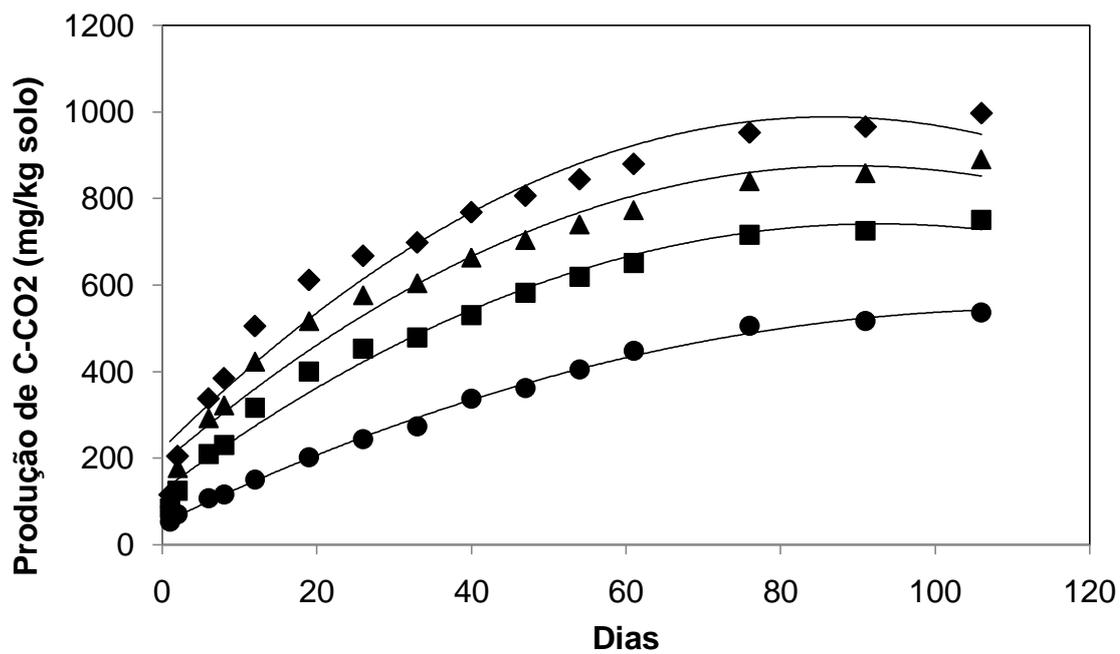


Figura 9. Evolução cumulativa de C-CO₂ (mg kg⁻¹) do composto orgânico C aplicado em um argissolo em diferentes doses: - ● - testemunha, - ■ - 10 t ha⁻¹, - ▲ - 20 t ha⁻¹, - ◆ - 30 t ha⁻¹; Média de três repetições.

Tabela 13. Fração mineralizada de C orgânico (FMC) adicionado ao solo após 120 dias de incubação de diferentes taxas de aplicação de compostos orgânicos

Material	Doses t ha ⁻¹	C	C-CO ₂	C-CO ₂	FMC ¹ (%)
		Adicionado	Acumulado em 120 dias	Acumulado líquido em 120 dias	
		-----	mg kg ⁻¹ -----		
Testemunha	0	-	536,22	-	-
	10	499,28	695,35 ±13,18	159,13 ±13,18	31,87 ± 2,64 ^{*A}
Composto A	20	998,57	818,91± 35,06	282,69 ±35,06	28,31 ± 3,51 ^{*A}
	30	1497,85	989,16 ±38,89	452,94 ±38,89	30,24 ± 2,60 ^{*A}
	10	621,37	610,38 ± 32,73	74,16 ±32,37	11,94 ± 5,27 ^{*B}
Composto B	20	1242,74	630,03 ±39,20	93,81 ±39,20	7,55 ± 3,15 ^{*B}
	30	1864,12	669,91 ± 8,46	133,69 ±8,46	7,17 ± 0,45 ^{*B}
	10	657,81	750,82 ± 39,93	214,60 ±39,93	32,62 ± 6,07 ^{*A}
Composto C	20	1315,62	890,09 ± 65,22	353,87 ±65,22	26,90 ±4,96 ^{*A}
	30	1973,44	996,53 ± 47,82	460,31 ±47,82	23,33 ±2,42 ^{*A}

¹Média de três repetições ± erro padrão; * não significativo para diferentes doses no mesmo composto; letras maiúsculas comparam entre os compostos pelo teste de Tukey (p<0,05).

5. CONCLUSÕES

1. De maneira geral, os resíduos avaliados efetivamente têm potencial para serem utilizados para fins agrícolas, especialmente considerando o processo de compostagem. Porém, em alguns casos a alta relação C/N, como no engaço (acima de 35), deverá requerer mistura com outros materiais com relação C/N menor ou N mineral para acelerar o processo. O resíduo de uva é um material rico em K, principalmente no engaço. Os teores de Cu no resíduo de vinificação são altos, podendo apresentar limitação na utilização destes resíduos em longo prazo.
2. O resíduo de vinificação é rico em compostos fenólicos totais, principalmente no engaço e nas sementes independente da uva analisada. A extração desses compostos bioativos é uma alternativa para valorização do resíduo de vinificação, porém há necessidade de estudos adicionais para avaliar se a extração é viável economicamente.
3. A compostagem dos resíduos de uva é o destino ambientalmente adequado, visto que a legislação brasileira preconiza o reaproveitamento e reciclagem dos resíduos industriais antes do descarte final. Empresas na região de estudo que compostam esse resíduo produzem composto orgânico que se adéqua as exigências da legislação e é comercializado como composto orgânico classe A.
4. Ensaios biológicos são complementares aos exigidos pela legislação (químicos e físicos). O ensaio realizado neste estudo demonstrou que houve

diferença entre os compostos orgânicos avaliados. Somente o composto B se enquadrou nos requisitos de maturação propostos pelo teste. Os demais compostos não atingiram os requisitos necessários para serem confederados maturados.

5. A atividade microbiana, medida pela evolução de C-CO₂, aumentou com doses crescentes dos diferentes compostos orgânicos avaliados. A fração de mineralização de carbono foi significativamente menor para o composto B, provavelmente devido ao material conter sementes e engaço praticamente inteiros, estes com altos teores de lignina que é de difícil degradação pela microbiota do solo.
6. São necessários outros estudos para avaliar a eficiência agronomia desses compostos orgânicos quando aplicados no solo como, por exemplo, avaliação dos rendimentos de cultura em função de diferentes doses do composto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/NBR 10004: Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ANDERSON, J. P. E. Soil Respiration. In: PAGE, A. L.; MULLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: America Society of Agronomy, 1982. p. 831-871.

ANDRADE, C. A. **Fração orgânica de biossólidos e efeito no estoque de carbono e qualidade da matéria orgânica de um latossolo cultivado com eucalipto**. 2004. 121 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo. 2004.

ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006. 176 p.

ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. C. **Tecnologia de alimentos: extração de óleos em escala industrial**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000gc8yujq302wx5ok01dx9lcx1g7v3u.html#>. Acesso em: 08 out. 2013.

ARVANITOYANNIS, I. S.; LADAS, D.; MAVROMATIS, A. Potential uses and applications of treated wine waste: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, n. 5, p. 475-487, 2006.

ASPROVINHO. ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE VINHO DE PINTO BANDEIRA. **Título**. Disponível em: <<http://www.ASPROVINHO.com.br/index.php>>. Acesso em: 10 out. 2013.

Obs: acrescentar título da seção ou documento que foi consultado no site.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Arlington: AOAC, 1997.

BALESTRO, E. A.; SANDRI, I. G.; FONTANA, R. C. Utilização de bagaço de uva com atividade antioxidante na Formulação de barra de cereais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 12, p. 195-201, 2001.

BAYDAR, N. G.; AKKURT, M. Oil content and oil quality properties of some grape seeds. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 25, p. 163-168, 2001.

BERNAL, M. P. et al. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. **Bioresource Technology**, Essex, v. 63, n. 1, p. 91-99, 1998.

Obs: quando existirem mais de 3 autores, indica-se apenas o primeiro, seguido da expressão et al.

BERTRAN, E. et al. Composting winery waste: sludges and grape stalk. **Bioresource Technology**, Essex, v. 95, n. 2, p. 203-208, 2004.

BEZINGER FAMILY WINERY. **Green Certifications explained**. Disponível em: <<http://www.benziger.com/green-certification/>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de cultura**. Porto Alegre: Editora Metrópole, 2008. 344 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 27, de 05 de junho de 2006. Dispõe sobre a importação ou comercialização, para produção, de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 jun. 2006b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 17, 21 de maio de 2007. Métodos analíticos oficiais para análise de substratos e condicionadores de solos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 maio. 2007a. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 28, 27 de Julho de 2007. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 31 jul. 2007b. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 25, 23 de julho de 2009. Normas específicas e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 jul. 2009a. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa, 2009b. 399 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). **Diário Oficial da União**, Brasília, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define os critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerado sem estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 ago. 2006a

BRINTON, B.; YORK, A. Sustainable composting in the vineyard:Part I. **Practical Winery & Vineyard**, California/USA, set./out., p. 1-6, 2003a

BRINTON, B.; YORK, A. Sustainable composting in the vineyard:Part II. **Practical Winery & Vineyard**, California/USA, nov./dez., p. 1-6, 2003b

BRITON, W. F. **Compost quality standards & guideline. Final Report.** New York State Association of Recyclers. Woods end research laboratory, Inc. 2000. 42 p. Disponível em: <<http://compost.css.cornell.edu/Brinton.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BUSTAMANTE, M. A. et al. Agrochemical characterization of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry. **Waste Management**, New York, v. 28, n. 2, p. 372-380, 2008.

BUSTAMANTE, M. A. et al. Short-term carbon and nitrogen mineralisation in soilamended with winery and distillery organic wastes. **Bioresource Technology**, Essex, v. 98, n. 17, p. 3269-3277, 2007.

CAMPOS, L. M. A. S. **Obtenção de extratos de bagaço de uva *Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera)***: parâmetros de processo e modelagem matemática. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimento) - Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CAO, X.; ITO, Y. Supercritical fluid extraction of grape seed oil and subsequent separation of free fatty acids by high-speed counter-current chromatography. **Journal of Chromatography A**. Amsterdam, v. 1021, n. 1-2, p. 117-124, 2003.

CAVINS, T. J. et al. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru Extraction Method. **Horticulture Information Leaflet / NCSU**, Raleigh, n. 590, 2000. Disponível em: <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hortsublab/>>. Acesso em: 20 set. 2000.

CENTENO, M. R. G. et al. Characterization of polyphenols and antioxidant potential of white grape pomace byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 47, p. 11579-11587, 2013.

CONSCIONE, A. R.; ANDRADE, J. C. Protocolos para avaliação da dinâmica de subprodutos orgânicos no solo. In: ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. **Análise química de subprodutos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Compinas: Ed. IAC, 2006. p. 159-177.

CRAFT, C. M.; NELSON, E. B. Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 62, n. 5, p. 1550–1557, 1996.

EMBRAPA UVA E VINHO **Indicações geográficas de vinhos finos do brasil**. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/tecnologias/ig>>. Acesso: 13 mar. 2014.

EPA. ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY. **Guidelines for Wineries and Distilleries-2004**. Disponível em: <http://www.epa.sa.gov.au/xstd_files/Industry/Guideline/guide_wineries.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2014.

EPSTEIN, E. **The science of composting**. Pennsylvania/USA: Technologic Publishing, 1997. 487 p.

FAO. FAOSTAT. **Countries by Commodity: Top production – grapes - 2011**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 18 abr. 2013.

FARINELLA, N. V.; MATOS, G. D; ARRUDA, M. A. Z. Grape bagasse as a potential biosorbent of metals in effluent treatments. **Bioresource Technology**, Essex, v. 98, n. 10, p. 1940-1946, 2007.

FCQAO. FEDERAL COMPOST QUALITY ASSURANCE ORGANISATION.

Methods Book: for the Analysis of Compost. 3rd. edition. 2003. 94 p. Disponível em:

<http://www.kompost.de/fileadmin/docs/shop/Grundlagen_GS/Methods_Book_2002.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2014.

FERRER, J. et al. Agronomic use of biotechnologically processed grape wastes.

Bioresource Technology, Essex, v. 76, n. 1, p. 33-44, 2001.

FULEKI, T.; SILVA, J. M. R. Effects of cultivar and processing method on the contents of catechins and procyanidins in grape juice. **Journal Agriculture and Food Chemistry** v. 51, n. 3, p. 640-646, 2003.

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. 3. ed. Porto Alegre: Editora Renascença, 2008. 362 p.

GOBATTO, C. **Manual do viti-vinicultor brasileiro**. 4. ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1942. 473 p.

GUERRA, C. C. et al. **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos**. Bento Gonçalves/RS: Embrapa Uva e Vinho, 2009. 69 p. (Documentos, 48).

GUIMARÃES, I. S. S. et al. **Corantes naturais para alimentos:** antocianinas de casca de uvas. Rio de Janeiro: Embrapa, 1984. 29 p. (Boletim de Pesquisa, 11). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/415643>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

HARADA, Y.; INOKO, A. Relationship between cation-exchange capacity and degree of maturity of city refuse composts. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 26, n. 3, p. 353-362, 1980.

HOITINK, H. A. J.; BOEHM, M. J. Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 37, p. 427-446, 1999.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULUS, N. K. Polyphenolic content and vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n. 2, p. 125-132, 2007.

MANFROI, V. **Curso de Especialização por tutoria à distância: Módulo 7**. Maturação, colheita, composição da uva e operações pré-fermentativas. Brasília: ABEAS/UFRGS, 1999a.

MANFROI, V. **Curso de Especialização por tutoria à distância: Módulo 8**. Vinificação em branco e Tinto. Brasília: ABEAS/UFRGS, 1999b.

MANTOVANI, R. et al. Uso fertilizante de resíduo da indústria processadora de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 339-342, 2004

MARASCHIN, R. P. et al. Biomassa residual proveniente da indústria vitivinícola. **Biociência, Ciência e Desenvolvimento**, n. 29, 2002. Disponível em: <<http://www.biociencia.com.br/revista/bio29/biomassa.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2014.

MATOS, A. T. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos**. Viçosa/MG: Editora UFV, 2014. 241 p.

MATSUOKA, M. **Atributos biológicos de solos cultivados com videira na região da Serra Gaúcha**. 2006. 152 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. **Área Cultivada com Videiras no Rio Grande do Sul: 2008-2012**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2013. (Documentos, 87).

MELLO, L. M. R.; SILVA, G. A. **Disponibilidade e características de resíduos proveniente da agroindústria de processamento de uva do Rio Grande do Sul**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014. (Comunicado Técnico, 155).

MELO, G. W. Compostagem de resíduos orgânicos oriundos de agroindústrias da uva e do vinho: experiências da Embrapa Uva e Vinho. In: WORKSHOP INSUMOS PARA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, Pelotas, 2012. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012.

MELO, P. S. et al. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 16, p. 1088-1093, 2011.

MENEGUZZO, J.; MANFROI, L.; RIZZON, L. A. **Sistema de produção de vinho tinto**. [S.l.]: Embrapa Uva e Vinho, 2006a. (Sistema de Produção, 12). Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/VinhoTinto/index.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

MENEGUZZO, J.; MANFROI, L.; RIZZON, L. A. **Sistema de produção de graspera**. [S.l.]: Embrapa Uva e Vinho, 2006b. (Sistema de Produção, 14). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Graspera/SistemaProducaoGraspera/index.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 5. ed. Porto Alegre: Ed: Evangraf, 2012. 280 p.

MIRONEASA, S. et al. Grape seed: physico-chemical, structural characteristics and oil content. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem**: Ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

NEGRO, C.; TOMAMASI, A.; MICELI, A. Phenolic compounds and antioxidant activity from red grape marc extracts. **Bioresource Technology**, Essex, v. 87, n. 1, p. 41–44, 2003.

NERANTZIS, E. T.; TATARIDIS, P. Integrated enology - utilization of winery wastes for the production of high added value products. **Journal of Science & Technology**, London, v. 1, n. 3, p. 79-89, 2006.

NUNES, R. V. et al. Valores energéticos de subprodutos de origem animal para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1217-1224, 2005.

PIRRA, A. J. **Caracterização e tratamento de efluentes vinícolas da Região Demarca do Douro**. 2005. 356 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural, Universidade de Trás-dos Montes e Alto Douro, Vila Real, 2005.

PROTAS, J. S. F.; CAMARGO, U. A. **Vitivinicultura brasileira**: panorama setorial de 2010. Brasília: SEBRAE/Bento Gonçalves, IBRAVIN, Embrapa Uva e Vinho, 2011. 110 p.

PROZIL, S. O. **Caracterização química do engaço da uva e possíveis aplicações**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Química, Universidade de Aveiro, 2008.

PUGLIESE, M. et al. Selection of antagonists from compost to control soil-borne pathogens. **Journal of Plant Diseases and Protection** Stuttgart, v. 115, n. 5, p. 220- 228, 2008.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Lei n.º 13.597, de 30 de dezembro de 2010. Dá nova redação à Lei n.º 11.730, de 9 de janeiro de 2002, que dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Estadual de Educação Ambiental, cria o Programa Estadual de Educação Ambiental, e complementa a Lei Federal n.º 9.795, de 27 de abril de 1999, no Estado do Rio Grande do Sul, regulamentada pelo Decreto Federal n.º 4.281, de 25 de junho de 2002. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, 31 dez. 2010. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=55606&hTexto=&Hid_IDNorma=55606>. Acesso em: 8 jan. 2015.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Lei n.º 13.836, de 28 de novembro de 2003. Dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, 19 dez. 2003. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/legiscomp/arquivo.asp?Rotulo=Lei%20n%BA%2012037&idNorma=1051&tipo=pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Lei n.º 14.528, de 16 de abril de 2014. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, 17 abr. 2014. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=60798&hTexto=&Hid_IDNorma=60798>. Acesso em: 05 jan. 2015.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Lei n.º 9.921, de 27 de julho de 1993. Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos, nos termos do artigo 247, parágrafo 3º, da Constituição do Estado e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, 27 jul. 1993. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/legiscomp/arquivo.asp?idNorma=465&tipo=pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2015.

RIVERA, E. M. et al. Synthesis of hydroxyapatite from eggshells. **Materials Letters**, Amsterdam, v. 41, n. 3, p. 128-134, 1999.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. **Coleção agroindústria familiar-suco de uva**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 45 p.

ROCKENBACH, I. I. **Compostos fenólicos, ácidos graxos e capacidade antioxidante do bagaço da vinificação de uvas tintas (*Vitis vinifera* L. e *Vitis labrusca* L.)**. 2008. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RODELLA A. A.; ALCARDE, J. C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 556-562, 1994.

ROTAVA, R. **Subprodutos da uva para utilização em dietas de frango de corte**. Dissertação (Mestrado) - 2007. 70 f. Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SANHUEZA, R. M. V.; SÔNEGO, O. R. **Descrição e recomendações de manejo da fusariose da videira (*Fusarium oxysporum* f. sp. *herbemontis*)**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1993. (Comunicado Técnico, 12).

SANTOS, H. P. et al. **Comportamento fisiológico de Plantas de Aveia (*Avena strigosa*) solos com excesso de cobre**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. (Comunicado Técnico, 49).

SANTOS, M. et al. Possibilities of the use of vinasses in the control of fungi phytopathogens. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 18, p. 9040–9043, 2008.

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. M. **Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. (Comunicado técnico, 278).

SILVA, L. R. S. Caracterização dos subprodutos da vinificação. **Millenium - Revista do Instituto Politécnico de Viseu**, Viseu, n. 28, out., p. 123-133, 2003. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millenium/millenium28/10.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2013.

SOARES, M. et al. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas niágara e isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 59-64, 2008.

SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. R. **Doenças fúngicas da videira e seu controle**. Embrapa Uva e Vinho. 2015. Disponível em:
<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/doevid.html#doeaerea>>.
Acesso em: 31 jan. 2015.

SPLENDOR, F. **Subprodutos da uva e do vinho**: uma riqueza nossa. Bento Gonçalves: Ed Maneco, 2013.

Obs: não há necessidade de indicar a primeira edição de um livro.

STOTSKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: chemical and microbiological properties. Madison: America Society of Agronomy, 1965. p. 1551-1572.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS: Departamento de Solos da UFRGS, 2008.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.-The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 10, p. 63-68, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

TANO, F. et al. "Effects of distillery vinasses on vineyard yield and quality in the D.O.C "Oltrepo` Pavese Pinot Nero" – Lombardy, Italy. **Water Science and Technology** Oxford, v. 51, n. 1, p. 199-204, 2005.

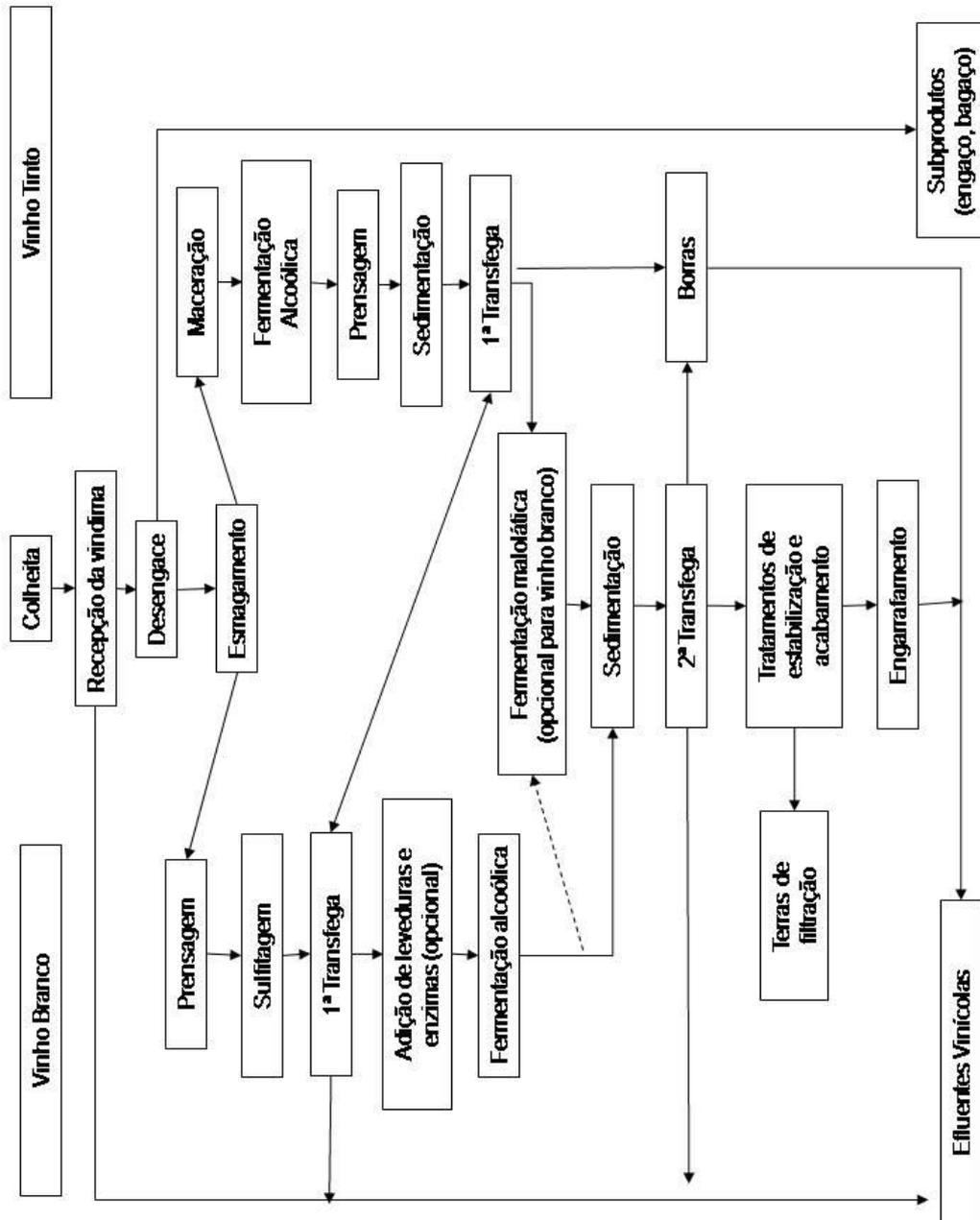
TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim técnico de solos, 5).

TOBAR, P. et al. Winery solid residue revalorization into oil and antioxidant with nutraceutical properties by an enzyme assisted process. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 51, n. 1, p. 47–52, 2005.

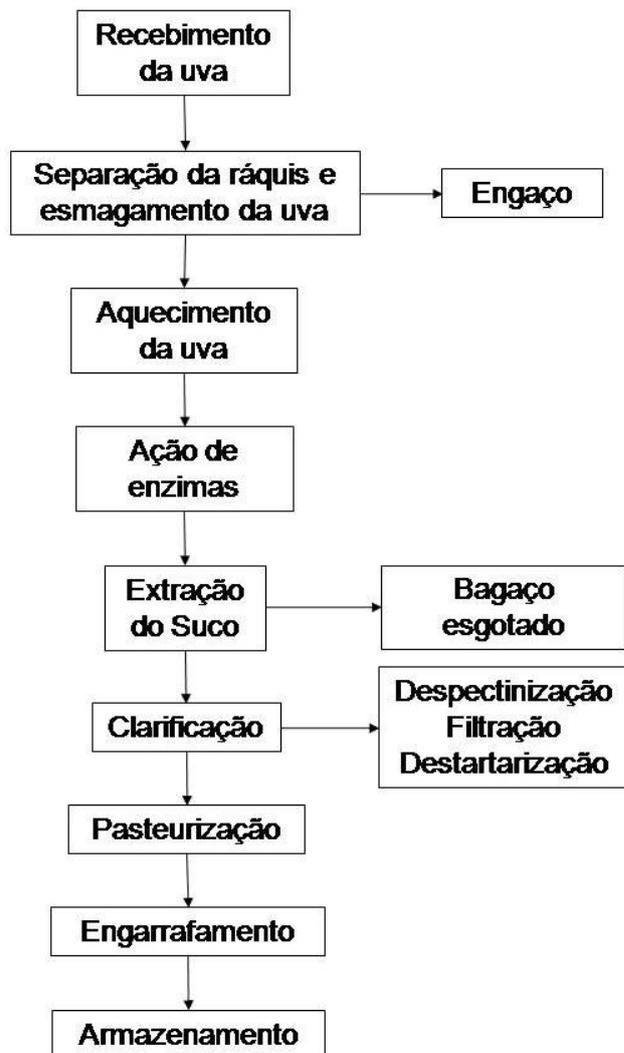
TORRIJOS, M.; MOLETTA, R. Efluentes vinícolas y procedimientos de tratamiento. In: FLANZY, C. **Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos**. 2. ed. Madrid: AMV Ediciones- Mundi Prensa, 2003. p. 769-783, 2003.

ANEXOS

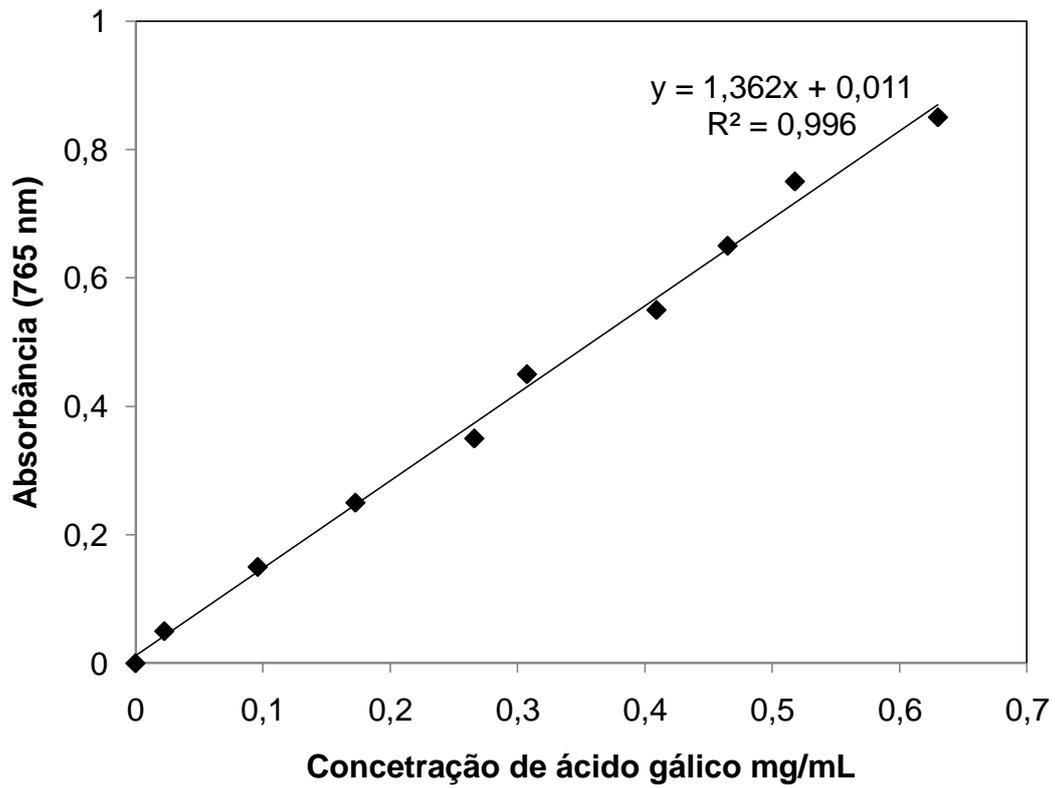
Anexo 1: Fluxograma de produção de vinho tinto e branco e geração de efluentes e resíduos. (Adaptado de PIRRA, 2005)



Anexo 2: Fluxograma de produção de suco de uva (Adaptado: RIZZON & MENEGUZZO, 2007)



Anexo 3: Curva de ácido gálico usado como padrão para quantificação dos compostos fenólicos totais



Anexo 4: Compostos fenólicos totais das amostras de resíduos de uva

Uva/Vinícola	Resíduo	Repetição	mg ác. Galico 100 g amostra ⁻¹
Chardonay (C) V1	Pele	A	211,20
		B	225,01
	Semente	A	4492,86
		B	4530,02
	Engaço	A	1467,04
		B	1483,14
	Borra	A	64,88
		B	78,69
Chardonay (C) V2	Pele	A	262,06
		B	233,06
	Semente	A	4892,06
		B	5000,96
	Engaço	A	3254,88
		B	3483,13
	Pele	A	810,28
		B	827,62
Cabernet Sauvignon (CS) V3	Semente	A	3327,99
		B	3287,90
	Engaço	A	1803,71
		B	2073,24
	Borra	A	1009,89
		B	932,20

Anexo 4: Continuação...

Uva/Vinícola	Resíduo	Repetição	mg ác. Galico 100 g amostra ⁻¹
Merlot (M) V3	Pele	A	236,37
		B	297,75
	Semente	A	2413,12
		B	2822,48
	Engaço	A	6800,38
		B	6742,47
	Borra	A	474,04
		B	385,90
Isabel (I) V4	Pele	A	470,13
		B	472,00
	Semente	A	1638,07
		B	1652,77
	Engaço	A	5617,73
		B	5816,96

Anexo 5: Determinação da produção de C-CO₂ em mg kg solo⁻¹ (média de três repetições) durante a condução do experimento de mineralização dos compostos orgânicos a base de resíduo de uva

Tratamentos/ Dose	Dias acumulados							
	1	2	5	7	13	20	27	34
	----- C-CO ₂ (mg kg ⁻¹ solo) -----							
Testemunha	53,22864	70,51	107,1055	116,326	149,8006	201,4441	243,3676	273,2652
A 10 t	30,5116	53,48504	102,5082	131,9449	185,1503	268,5504	321,1613	347,2598
A 20 t	54,97216	106,3034	184,8779	223,7069	276,9123	370,6723	430,5001	458,2503
A 30 t	62,51032	134,4049	230,6185	286,7431	354,2649	460,6235	516,4297	547,2082
B 10 t	55,33112	72,61248	99,81573	97,98309	164,3075	226,8837	260,764	277,5435
B 20 t	67,946	84,0992	115,4259	113,6505	165,8146	233,805	273,9656	289,1071
B 30 t	56,9208	73,89448	109,2301	116,7324	161,8164	234,388	279,5618	303,1826
C 10 t	30,5116	53,48504	102,5082	131,9449	185,1503	268,5504	321,1613	347,2598
C 20 t	54,97216	106,3034	184,8779	223,7069	276,9123	370,6723	430,5001	458,2503
C 30 t	62,51032	134,4049	230,6185	286,7431	354,2649	460,6235	516,4297	547,2082

Anexo 5: Continuação...

Tratamentos/Dose	Dias acumulados						
	41	48	55	62	76	90	104
	----- C-CO ₂ (mg kg ⁻¹ solo) -----						
Testemunha	336,5291	361,5264	404,7126	448,3206	505,9573	516,4026	536,2074
A 10 t	398,9061	451,1029	487,9765	519,2565	584,883	594,2141	619,4509
A 20 t	517,4398	558,019	593,9908	626,9268	693,8096	712,3325	744,3952
A 30 t	616,9692	655,0707	692,9463	728,4583	800,9188	814,2888	845,6785
B 10 t	347,1394	383,7543	426,4671	475,8711	555,5173	567,6338	602,0038
B 20 t	345,2133	386,288	430,5635	490,6395	577,0193	593,7317	625,2175
B 30 t	371,6772	428,1688	475,7537	524,5137	606,0192	634,7088	668,0213
C 10 t	398,9061	451,1029	487,9765	519,2565	584,883	594,2141	619,4509
C 20 t	517,4398	558,019	593,9908	626,9268	693,8096	712,3325	744,3952
C 30 t	616,9692	655,0707	692,9463	728,4583	800,9188	814,2888	845,6785