

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

Dissertação de Mestrado

**CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DE UMA VINÍCOLA NA REGIÃO DO VALE
DO RIO DO PEIXE/SC E AVALIAÇÃO DO SEU TRATAMENTO POR BIOFILTRO
AERADO SUBMERSO**

Angela Renata Cordeiro Ortigara

**Florianópolis (SC)
Março, 2009**

ANGELA RENATA CORDEIRO ORTIGARA

**CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DE UMA VINÍCOLA NA REGIÃO DO VALE
DO RIO DO PEIXE/SC E AVALIAÇÃO DO SEU TRATAMENTO POR BIOFILTRO
AERADO SUBMERSO**

Dissertação de Mestrado entregue ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador:

Prof. Dr. Fernando Soares Pinto Sant'Anna

Co-orientador:

Prof. Dr. Pablo Heleno Sezerino

FLORIANÓPOLIS

2009

ORTIGARA, Angela Renata Cordeiro

Caracterização do efluente de uma vinícola na região do vale do Rio do Peixe/SC e avaliação do seu tratamento por Biofiltro Aerado Submerso. Angela Renata Cordeiro Ortigara – Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2009.

140p.

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

“CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DE UMA VINÍCOLA NA REGIÃO DO VALE DO RIO DO PEIXE/SC E AVALIAÇÃO DO SEU TRATAMENTO POR BIOFILTRO AERADO SUBMERSO”

ANGELA RENATA CORDEIRO ORTIGARA

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Aprovado por:

Profª. Rosângela Bergamasco, Dra.

Prof. Flavio Rubens Lapolli, Dr.

Prof. Pablo Heleno Sezerino, Dr.
(Co Orientador)

Prof. Flavio Rubens Lapolli, Dr.
(Coordenador)

Prof. Fernando Soares Pinto Sant’Anna, Dr.
(Orientador)

FLORIANÓPOLIS, SC - BRASIL

MARÇO/2009

“Tudo vale a pena quando a alma não é pequena.”

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente, colocar as escolhas certas no meu caminho e por me dar forças para que mais essa realização se concretizasse.

Aos meus pais, Camilo e Marinês, pelo apoio, paciência e amor incondicional que me permitiram dar esse passo e chegar até aqui. Ao meu irmão, Marco Aurélio e meus avós paternos, Oli e Zefilla, e maternos, Odilon e Terezinha, pela presença que me faz sentir mais forte. Enfim, á toda minha família.

A CAPES, pela bolsa concedida e a FAPESC pelo auxílio financeiro.

Ao professor Pablo, que me incentivou e auxiliou desde o início dessa caminhada, sem o qual não teria sido possível realizá-la, muito obrigado de coração.

Ao Professor Fernando, que aceitou o desafio orientar-me e que ao longo dessa caminhada tornou-se mais que orientador, tornou-se um grande amigo.

A professora Alessandra, pela amizade e auxílios prestados.

Á todos os professores do PPGEA, que de alguma forma sempre contribuíram para o meu aprendizado, e a secretaria da pós pela disposição e ajuda sempre prestada.

Ao professor Dirceu Scaratti, Sandra Camargo Mendes, Vinicius Caliari pelo apoio.

As meninas do mestrado, Ani, Bianca Ranzi, Bianquinha, Fernanda, Lucila, Maria, Marina, Paola e Vanessa que passaram comigo o “verde vale dos créditos” e que com sua amizade, mesmo a distância, tentaram me fazer sentir mais próxima.

A vinícola, e aos seus funcionários, que colaboraram para o desenvolvimento das atividades de campo, em especial, ao Sullivan e a Daiana pela amizade.

Aos bolsistas Diego, Talita, Valdir por todo apoio e auxílio e, as voluntárias Débora, Natasha e Suzana.

Aos professores, técnicos e funcionários da UNOESC que de alguma foram permitiram e colaboraram para a realização dessa pesquisa, em especial a Isabel e Marcelo Moro.

Aos amigos, aos quais prefiro não nominar, mas que sabe que fazem parte importante na minha vida e dessa realização.

Ao Tiago pelo apoio que me deu, quando decidi realizar esse sonho.

Ao Elton pelo carinho, amizade, e paciência, sem as quais essa caminhada teria sido mais difícil.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para que esse trabalho fosse realizado com êxito.

RESUMO

ORTIGARA, Angela Renata Cordeiro. **Caracterização do efluente de uma vinícola na região do vale do Rio do Peixe/SC e avaliação do seu tratamento por Biofiltro Aerado Submerso. 2009.** 140 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

O presente estudo teve como objetivo avaliar as variações na composição quali-quantitativa dos efluentes líquidos gerados por uma vinícola e o comportamento do tratamento destes efluentes em reatores do tipo Biofiltro Aerado Submerso com preenchimento de cascas de ostras. A etapa experimental foi realizada no período de 28/01/2008 a 20/12/2008. Estudou-se o fluxograma do processo produtivo, identificando-se os principais resíduos gerados, a variação do consumo de água e as características do efluente líquido em dois períodos distintos: a safra e a entressafra, além da avaliação do tratamento deste efluente por Biofiltro Aerado Submerso (BAS). Os principais subprodutos gerados pela atividade são provenientes da uva (engajo, cascas, sementes, borra) e do processo produtivo (bentonite e terras de filtração). A vinícola apresentou um índice de consumo de 1,78 L de água/L de vinho produzido. A Amostragem Composta apresentou valores de 9.090 mgDQO/L para o período da safra e para a entressafra, 8.260 mgDQO/L. As atividades que apresentaram valores mais elevados de consumo de água e de geração de carga orgânica foram a lavagem de filtros, pipas, prensas e pisos. De acordo com avaliação, o efluente apresentou pH médio de 4,5 e alcalinidade de 60,4 mgCaCO₃/L, e concentrações de carbono, nitrogênio e fósforo inadequadas ao tratamento biológico (100/0,25/0,25). Para avaliar a tratabilidade do efluente vinícola pelo BAS, preenchido com casca de ostra, foram utilizados dois reatores em escala laboratorial: um alimentado com o efluente da safra (BAS 1) e o outro com efluente da entressafra (BAS 2). Para a realização dos testes, o efluente homogeneizado teve suas características avaliadas, e o balanço nutricional ajustado com a adição de cloreto de amônio (NH₄CL) e fosfato de potássio bibásico (K₂HPO₄). Foram considerados três períodos operacionais com duração de 5 semanas cada e com o mesmo tempo de detenção hidráulica (24 horas). No Período 1, a alimentação dos reatores foi descontínua com cargas variáveis, no Período 2, manteve-se a alimentação descontínua e as cargas abaixo de 5 kgDQO/m³ e no Período 3, o reator foi alimentado de forma contínua com cargas abaixo de 5 kgDQO/m³. O meio filtrante foi capaz de conferir alcalinidade ao sistema e aumentar o pH nos reatores para valores de aproximadamente 6,7. O Período 3 apresentou as melhores eficiências de remoção de DQO, 90% para o BAS 1 e 82% para o BAS 2. Não ocorreu remoção média de nitrogênio no BAS 1, e no BAS 2, apenas 31%. A remoção máxima de fósforo foi de 58% e 53% nos BAS 1 e 2, respectivamente. Quanto aos metais, apenas os valores médios de cobre nos efluentes dos biofiltros estavam acima de 0,5 mg/L, valor máximo permitido pelo Decreto Estadual 14.250/1981. Constatou-se que o emprego de BAS, operando em fluxo contínuo pode ser uma alternativa para o tratamento de efluentes vinícolas na região de estudo.

Palavras chaves: Efluente vinícola. Consumo de água. Caracterização. Tratamento de Efluentes. Biofiltro Aerado Submerso.

ABSTRACT

Characterization of effluent of a winery located in the valley of Rio do Peixe/SC and treatment evaluation with the use of Aerated Submerged Biofilter.

The purpose of this work was to evaluate the variations in the quali-quantitative composition of liquid effluents produced by a winery, and the behavior of the treatment of these effluents in Aerated Submerged Biofilter reactors filled with oyster shells. The experiments were conducted between January 28th and December 20th 2008. The production process flowchart, identifying the main waste generated, the variations in water usage and characteristics of the liquid effluent were studied in two distinct periods, harvest and non harvest, in addition to the evaluation of the use of Aerated Submerged Biofilter (ASB) for effluent treatment. The main by-products generated by the activity came from the grape (stalk, bark, seeds, grain) and the production process (bentonite and land filtration). The water consumption rate was 1,78 liter of water per liter of wine produced. The values found through Composed Sampling were 9.090 mgDQO/L during harvest and 8.260 mgDQO/L during non harvest. The highest levels of water usage and organic load production were generated by the washing of filters, vessels, presses and floors. Effluent evaluation revealed pH of 4,5, alkalinity of 60,4 mgCaCO₃/L, and concentrations of carbon, nitrogen and phosphorus that are inappropriate for biologic treatment (100/0,25/0,25). To evaluate effluent treatability by ASB filled with oyster shells, two lab-scale reactors were used: one was fed with harvest effluent (ASB 1), the other with non harvest effluent (ASB 2). For testing, the homogenized effluent had its characteristics evaluated, and its nutritional balance adjusted by the addition of ammonium chloride (NH₄CL) and bibasic potassium phosphate (K₂HPO₄). Three operational periods lasting 5 weeks and having the same hydraulic detention time (24 hours) were considered. The Period 1 had discontinuous feeding with variable loads, the Period 2 had discontinuous feeding with loads under 5 kgDQO/m³ and in Period 3, the reactors had continuous feeding with loads under 5 kgDQO/m³. The results showed that the support material was able to add alkalinity to the system and increase the pH in the reactors to approximately 6,7. Period 3 had the highest DQO removal efficiency levels – 90% for ASB 1 and 82% for ASB 2. No nitrogen average removal occurred in ASB 1 and ASB 2 had only 31%. Phosphorus removal was 58% in the ASB 1 and 53% in the ASB 2. As regards the metals, only the average copper values were over 0,5 mg/L, the maximum permitted by State Decree 14.250/1981. The use of ASB reactors operating in continuous flow was found to may be an alternative for the treatment of winery effluent in the region under study.

Key Words: Winery effluent. Water consumption. Characterization. Wastewater treatment. Aerated Submerged Biofilter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vinificação de uva branca e geração de efluentes.	29
Figura 2: Processos envolvidos na formação e crescimento do biofilme	42
Figura 3: Localização Geográfica do município de Iomerê.....	47
Figura 4: (a) Vista frontal do reservatório e filtro de areia. (b) Hidrômetro na saída do reservatório.....	49
Figura 5: Pontos de recebimento do efluente gerado pela vinícola. (a) Detalhe do Ponto A: efluente do processo produtivo. (b) Detalhe do Ponto B: efluente das operações de lavagem de vasilhames.	50
Figura 6: Procedimento amostral utilizado para caracterização do efluente vinícola.	50
Figura 7: Ponto A de coleta de amostras. (a) Vista frontal do Ponto A de coleta. (b) Detalhe da tubulação do Ponto A de coleta.	51
Figura 8: Biofiltros montados em escala laboratorial durante testes hidráulicos. (a) BAS 2 – Entressafra, (b) BAS 1 – Safra.	54
Figura 9: Montagem do reator: detalhe (a) aeradores, (b) aerador e fundo falso e (c) canaleta de coleta do efluente.	54
Figura 10: Representação esquemática da escolha de conchas entre os tamanhos 2 e 3 cm. ..	55
Figura 11: Esquema de alimentação durante os testes hidráulicos e para o período de fluxo descontínuo. (a) BAS 2 – Entressafra, (b) BAS 1 – Safra.	57
Figura 12: Esquema de alimentação durante o período de fluxo contínuo. (a) BAS 2 – Entressafra, (b) BAS 1 – Safra.	57
Figura 13: Esquema mostrando a separação do leito filtrante por estratos para avaliação microbiológica.	59
Figura 14: Estratos de biofilme após seu desprendimento do meio suporte.	59
Figura 15: Filtro de placas verticais preenchido com terra diatomácea utilizado na vinícola.	61
Figura 16: Linha de produtos comercializados em 2008 pela vinícola em estudo (litros).	64
Figura 17: Fluxograma produtivo do vinho vendido a granel, com as respectivas entradas e saídas.....	64
Figura 18: Fluxograma produtivo do vinho tinto vendido engarrafado, com as respectivas entradas e saídas.....	65
Figura 19: Fluxograma produtivo do vinho branco vendido engarrafado, com as respectivas entradas e saídas.....	66
Figura 20: Disposição no solo: (a) bagaço e (b) engaço.	67
Figura 21: Fotografia do bagaço após exposto ao tempo.....	68
Figura 22: Variação do consumo mensal de água na vinícola estudada durante o período compreendido entre os meses de fevereiro a dezembro de 2008.....	70
Figura 23: Consumo horário para os 24 dias avaliados* na vinícola no ano de 2008.....	73
Figura 24: Valores de pH referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.	80
Figura 25: Valores de pH referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 02/12/2008.	80

Figura 26: Valores de alcalinidade referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.	81
Figura 27: Valores de Cor aparente e Cor Verdadeira referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.	81
Figura 28: Valores de Turbidez referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 17/09/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.	82
Figura 29: Valores de Turbidez e Sólidos Suspensos Totais (TSS) referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 24/09/2008.	82
Figura 30: Valores de DQO referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.	83
Figura 31: Valores de DQO referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 02/12/2008.	84
Figura 32: Valores de NT e NH ₃ -N referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.	85
Figura 33: Valores de NT e NH ₃ - N referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 02/12/2008.	85
Figura 34: Valores de PO ₄ ³⁻ referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.	86
Figura 35: Valores de PO ₄ ³⁻ referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 02/12/2008.	86
Figura 36: Valores de SO ₄ ²⁻ referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.	87
Figura 37: Valores de Fe, Cu e Zn ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008 para a Amostragem Pontual.	88
Figura 38: Valores de Fe, Cu e Zn referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008 para a Amostragem Composta.	89
Figura 39: Valores de Fe, Cu e Zn referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 11/09/2008.	89
Figura 40: Valores de Carga orgânica referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008 para Amostragem Composta.	90
Figura 41: Valores de Carga Nitrogenada e de Fósforo referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008 para Amostragem Composta.	91
Figura 42: Perfil de carga orgânica horária obtida durante a safra, relacionando os picos com as atividades desenvolvidas no momento da coleta em que: 1- Lavagem de Filtros; 2 – Lavagem da prensa; 3 – Lavagem das pipas; 4 – Lavagem do piso; 5 - Outras Atividades: preparação de vinho, filtração e/ou pasteurização.	94

Figura 43: Perfil de carga orgânica horária obtida durante a entressafra, relacionando os picos com as atividades desenvolvidas no momento da coleta em que: 1- Lavagem de Filtros; 2 – Lavagem da prensa; 3 – Lavagem das pipas; 4 – Lavagem do piso; 5 – Outras Atividades: preparação de vinho, filtração e/ou pasteurização.....	94
Figura 44: Perfil da temperatura durante o acompanhamento diário do BAS 1.....	96
Figura 45: Perfil da temperatura durante o acompanhamento diário do BAS 2.....	97
Figura 46: Perfil do pH durante o acompanhamento diário do BAS 1.....	97
Figura 47: Perfil do pH durante o acompanhamento diário do BAS 2.....	98
Figura 48: Perfil do oxigênio dissolvido durante o acompanhamento diário do BAS 1 e do BAS 2.....	99
Figura 49: Valores de pH obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.....	99
Figura 50: Valores de cor aparente obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.....	100
Figura 51: Valores de cor verdadeira obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.....	100
Figura 52: Alteração de cor efluente vinícola após contato com as conchas.....	101
Figura 53: Valores de DQO obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.....	103
Figura 54: Valores de carga orgânica afluente e efluente obtidos durante o período de estudo referentes ao BAS 1.....	105
Figura 55: Valores de carga orgânica afluente e efluente obtidos durante o período de estudo referentes ao BAS 2.....	105
Figura 56: Valores de Nitrogênio total obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.....	107
Figura 57: Valores de fósforo reativo obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e BAS 2.....	108
Figura 58: Valores de sulfato obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.....	108
Figura 59: Valores de ferro total obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.....	109
Figura 60: Valores de cobre total obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.....	110
Figura 61: Valores de zinco total obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.....	110
Figura 62: Grânulos de biomassa encontrados no BAS 1, estrato nº 5.....	112
Figura 63: Área construída da vinícola, apresentando a divisão dos setores e os pontos de recebimento de efluentes. Ponto A: Recebimento de Efluente da área Produtiva. Ponto B: Recebimento de efluente da Área de Engarrafamento e Lavagem de Garrações.....	137

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Descrição dos períodos de produção de efluente vinícola.....	28
Quadro 2: Microrganismos indicadores das condições de depuração.....	46
Quadro 3: Desempenho de estações de tratamento, indicadas por grupos dominantes da microfauna.....	46
Tabela 1: Composição dos subprodutos da vinificação.....	26
Tabela 2: Valores médios de composição físico-química obtida por diferentes autores na caracterização de efluente vinícola bruto.....	30
Tabela 3: Padrões de lançamento de efluentes segundo o Decreto Estadual N° 14.250/81.....	34
Tabela 4: Parâmetros a ser analisados no efluente adaptado de EPA (2004).....	35
Tabela 5: Resumo de algumas formas de tratamento baseadas na Revista <i>Water Science & Technology</i> v. 51, n. 2 de 2005 e v. 56, n. 2 de 2007.....	37
Tabela 6: Distribuição por municípios das vinícolas cadastradas no SINDIVINHO.....	48
Tabela 7: Parâmetros avaliados e metodologia utilizada.....	52
Tabela 8: Detalhamento de volume dos reatores, do material filtrante e volume útil.....	55
Tabela 9: Formas de alimentação utilizadas no BAS 1 e BAS 2.....	56
Tabela 10: Cálculo teórico do gasto mensal e anual com terra de diatomácea:.....	62
Tabela 11: Estimativa de valores médios dos subprodutos da vinificação.....	67
Tabela 12: Resumo dos dados de consumo de água obtidos na vinícola estudada:.....	70
Tabela 13: Categorias de uso da água na vinícola e respectiva destinação final.....	71
Tabela 14: Estimativa dos volumes de consumo de água obtidos nas áreas da vinícola.....	71
Tabela 15: Resumo estatístico da Amostragem Pontual e Composta realizadas no efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008.....	76
Tabela 16: Resumo estatístico da Amostragem Composta realizada no efluente da área produtiva (Ponto A), para safra e entressafra durante o período de 28/01/2008 a 03/12/2008.....	77
Tabela 17: Resumo estatístico da Amostragem Pontual realizada no efluente da área produtiva (Ponto A), para safra e entressafra durante o período de 28/01/2008 a 03/12/2008.....	78
Tabela 18: Resumo estatístico do efluente área de lavagem (Ponto B) para o período de 04/04/2008 a 03/12/2008.....	79
Tabela 19: Valores medianos, médios e desvio padrão obtidos em cada uma das atividades elencadas na Amostragem Horária.....	93
Tabela 20: Valores médios obtidos durante o acompanhamento do BAS 1 e BAS 2 respectivamente.....	96
Tabela 21: Padrões de lançamento exigidos pelo Decreto Estadual 14.250/1981 e atendimento ou não pelos resultados obtidos pelo BAS 1.....	111
Tabela 22: padrões de lançamento exigidos pelo Decreto Estadual 14.250/1981 e atendimento ou não pelos resultados obtidos pelo BAS 2.....	111
Tabela 23: Distribuição da área construída e área livre disponível para a vinícola.....	136
Tabela 24: Relação da quantidade e qualidade das uvas processadas na vinícola.....	138
Tabela 25: Vendas por produtos (em litros) realizadas em 2008.....	138

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AC – Amostragem Composta

AH – Amostragem Horária

AP – Amostragem Pontual

ANOVA – Análise de Variância

BAS – Biofiltro Aerado Submerso

BAS 1 – Biofiltro Aerado Submerso alimentado com efluente da safra

BAS 2 - Biofiltro Aerado Submerso alimentado com efluente da entressafra

BRDE – Banco Regional de Desenvolvimento

BRS – Bactérias Redutoras de Sulfato

CASAN – Companhia Estadual de Saneamento

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CFT – Compostos Fenólicos Totais

CMBR - Continuous Membrane Bioreactor

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COT – Carbono Orgânico Total

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EC – Condutividade Elétrica

EEFC - Evapo-Concentration with Fractionated Distillation

EPA - Environmental Protection Agency

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.

EPS - Extracellular Polymeric Substances

ETE – Estações de Tratamento de Efluentes

FBBR – Fixed Bed Biofilm Reactor

ha – hectares

K_2HPO_4 - fosfato de potássio dibásico

LEMA – Laboratório de Experimentação e Microbiologia Ambiental

LIMA – Laboratório Integrado de Meio Ambiente

ML – Mega litros

N* - Numero de amostras válidas

NH_4CL - cloreto de amônio

NH₃-N – Nitrogênio Amoniacal
NO₂-N – Nitrôgenio nitrito
NO₃-N – Nitrogênio Nitrato
NT – Nitrogênio Total
NTK – Nitrogênio Total Kjedhal
OD – Oxigênio Dissolvido
ORP – Potencial Redox
PET – Polietileno de Alta Densidade
pH – Potencial Hidrogeniônico
PO₄³⁻ - Fósforo Dissolvido
PPGEA – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental
PT – Fósforo Total
SINDIVINHO – Sindicato do Vinho
SMBR – Sequential Membrane Bioreactor
SO₂ – Dióxido de Enxofre
SO₄²⁻ - Sulfato
SS – Sólidos em Suspensão
SSV – Sólidos Suspensos Voláteis
ST – Sólidos Totais
SVT – Sólidos Voláteis Totais
TDH – Tempo de Detenção Hidráulica
TSS – Sólidos Suspensos Totais
UASB – Upflow Anaerobic Sludge Bed
UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
USBF – Upflow Sludge Bed Filter
VM 14.250/1981 – Valor Máximo permitido para Lançamento de efluente pelo Decreto 14.250/1981

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS.....	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	ATIVIDADE VINÍCOLA NO BRASIL	19
3.1.1	Atividade Vinícola em Santa Catarina e na região do Rio do Peixe	20
3.2	PROCESSO DE PRODUÇÃO DE VINHOS	21
3.3	IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS À ATIVIDADE VINÍCOLA	24
3.3.1	Resíduos sólidos vinícolas	25
3.3.2	Consumo de água na indústria.....	26
3.3.3	Efluentes vinícolas.....	27
3.3.4	Alternativas para minimização de efluentes e resíduos na indústria vinícola.....	31
3.4	LEGISLAÇÃO PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	34
3.5	TRATAMENTO DE EFLUENTES VINÍCOLAS	35
3.5.1	Tratamento biológico de efluentes vinícolas.....	39
3.5.2	Tratamento biológico por reatores com biomassa aderida.....	40
3.5.3	Biofiltro Aerado Submerso	43
3.5.4	Avaliação qualitativa da biomassa em sistemas biológicos.....	45
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
4.1	LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO E DESCRIÇÃO DA VINÍCOLA.....	47
4.2	MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO E IDENTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS PELA ATIVIDADE VINÍCOLA.....	48
4.3	AVALIAÇÃO DO USO DE ÁGUA	48
4.4	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO NOS PERÍODOS DE SAFRA E ENTRESSAFRA	50
4.4.1	Amostragem Pontual.....	51
4.4.2	Amostragem Composta.....	52
4.4.3	Amostragem Horária.....	53
4.5	BIOFILTRO AERADO SUBMERSO	53
4.5.1	Material filtrante	54
4.5.2	Efluente para Alimentação dos Reatores	55
4.5.3	Acompanhamento do Biofiltro Aerado Submerso	57
4.5.4	Avaliação Qualitativa da Microbiota ao final do Experimento.....	58
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1	MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES E IDENTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS.....	60
5.2	AVALIAÇÃO DO USO DE ÁGUA E OPORTUNIDADES DE OTIMIZAÇÃO NO CONSUMO.....	69
5.3	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE VINÍCOLA.....	76
5.3.1	Amostragem Pontual e Amostragem Composta	76

5.3.2	Amostragens Horárias.....	91
5.4	APLICAÇÃO DE BIOFILTRO AERADO SUBMERSO	95
5.4.1	Valores de pH, Temperatura e Oxigênio Dissolvido obtidos no acompanhamento diário.....	96
5.4.2	Valores de pH, alcalinidade, cor aparente e cor verdadeira.....	99
5.4.3	Remoção de DQO e Avaliação das cargas orgânicas	102
5.4.4	Remoção de nitrogênio, fósforo e sulfato	106
5.4.5	Comportamento dos metais avaliados	109
5.4.6	Resumo dos valores encontrados frente ao atendimento aos Padrões de Lançamento de Efluentes.....	110
5.4.7	Avaliação qualitativa da microbiota ao final do experimento	111
6	CONCLUSÃO	114
7	RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS	117
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
	APÊNDICE.....	125
	ANEXOS.....	135

1 INTRODUÇÃO

Os mananciais de água do estado de Santa Catarina encontram-se com altos índices de degradação ambiental. Segundo o Diagnóstico dos Recursos Hídricos de Santa Catarina, produzido pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável, no ano de 2007, as regiões do Meio Oeste, Oeste e Extremo Oeste catarinense, são as mais comprometidas, havendo, portanto, a necessidade de estudos e investimentos para a minimização da poluição hídrica nestas regiões. Além disso, existe a necessidade do cumprimento dos dispositivos legais previstos nas Leis, Resoluções e Decretos pertinentes, notadamente a Lei 9.433/1997 que “Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos”, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA 357/2005 e, para Santa Catarina, o Decreto nº 14.250/1981.

Situada na região Meio Oeste catarinense, a Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe recebe diariamente uma parcela de esgoto da população que vive em sua área, além de contribuições de algumas indústrias locais. Dentre estas indústrias, encontra-se também a atividade vinícola. Segundo o Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul – BRDE (2005), o estado de Santa Catarina é dividido em três regiões vinícolas: a região tradicional, a região nova e a região super nova. São consideradas regiões tradicionais o Alto Vale do Rio do Peixe (maior produtor do estado) composto pelos municípios de Pinheiro Preto, Tangará, Videira, Iomerê, e a Região Carbonífera, principalmente nos municípios de Criciúma e Urussanga. As regiões consideradas novas são: Rodeio, em que destaca-se a produção de vinhos comuns e finos; Nova Trento, vinhos coloniais e comuns; e Chapecó, vinhos artesanais. Nas regiões consideradas super novas, São Joaquim e Água Doce, estão concentradas na produção de vinhos finos.

No Estado de Santa Catarina, a produção vinícola anual é de 27 milhões de litros de vinho e suco de uva. Desta produção, cerca de 90% concentra-se no Vale do Rio do Peixe, onde o setor vitivinícola é responsável por geração de renda para a propriedade rural na região, bem como, para a indústria vinícola: em que cerca de 3.740 famílias rurais produzem anualmente 54.647,70 toneladas de uva, das quais, as cantinas absorvem aproximadamente 80% para a produção de vinho (EPAGRI, 2000). Nessa região, portanto, a vitivinicultura é uma atividade

de grande expressão local, sendo, em geral, uma herança cultural trazida pelos imigrantes italianos que vieram à região.

Como toda atividade industrial rentável, a atividade vinícola se expandiu na região Meio Oeste catarinense, que concentra 32 vinícolas distribuídas em 5 dos 26 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe. No entanto, para a Região Meio Oeste catarinense não se pode dizer que controles ambientais utilizados pelas vinícolas no tratamento de seus efluentes e no gerenciamento ambiental acompanharam o crescimento das empresas. Em grande parte delas, os efluentes gerados pela atividade vinícola ainda são dispostos em reservatórios de acumulação escavados no solo sem critérios de engenharia. Neste sentido, para que seja possível conciliar a atividade industrial vinícola com a perspectiva de desenvolvimento sustentável para essa região, é necessário o desenvolvimento de tecnologias que permitam a ampliação da atividade aliada à proteção ambiental.

É importante destacar que a atividade vinícola gera praticamente os mesmos tipos de resíduos, variando somente as quantidades geradas de uma vinícola para outra em função da escala. Os resíduos normalmente produzidos são provenientes da própria uva (casca, engaço, sementes, bagaço); sólidos inorgânicos (bentonite, terra de diatomácea, produtos de filtração, etc.), além de emissões gasosas (CO₂, compostos orgânicos voláteis, etc.) e efluentes advindos da atividade produtiva. Segundo a Agência Americana de Proteção Ambiental – Environmental Protection Agency – EPA (2004), os principais impactos associados às vinícolas são: a poluição da água, a degradação do solo e da vegetação, pelas práticas de disposição dos resíduos sólidos e efluentes líquidos, os odores e emissões atmosféricas resultantes dos processos de vinificação e o gerenciamento dos subprodutos gerados, além de ruídos ocasionados pelos equipamentos de vinificação.

Diante deste cenário, este trabalho teve por objetivos avaliar as variações na composição quali-quantitativa dos efluentes líquidos gerados por uma vinícola e propor uma alternativa tecnológica aplicável ao tratamento biológico dos efluentes da viticultura. Concomitantemente, esse trabalho visa prover informações aos atores inseridos dentro da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, no que tange ao gerenciamento do uso da água e lançamento de efluentes na região, para que os mesmos possam traçar estratégias em relação à gestão destes efluentes líquidos.

2 OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo avaliar as variações na composição quali-quantitativa dos efluentes líquidos gerados por uma vinícola e o comportamento do tratamento destes efluentes em reatores do tipo Biofiltro Aerado Submerso.

Objetivos específicos

- (a) Mapear o processo produtivo e identificar os resíduos gerados na indústria vinícola;
- (b) Avaliar o consumo de água relacionado com as atividades produtivas apontando oportunidades de otimização no uso;
- (c) Caracterizar, de maneira qualitativa e quantitativa, os efluentes produzidos pelo processo de fabricação de vinhos na safra e na entressafra da uva;
- (d) Estudar a aplicação do Biofiltro Aerado Submerso (BAS), em escala laboratorial, para o tratamento dos efluentes da viticultura durante o período da safra e entressafra.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ATIVIDADE VINÍCOLA NO BRASIL

A história da vitivinicultura brasileira se inicia em 1875, com a chegada dos imigrantes italianos ao Rio Grande do Sul, muito embora a primeira muda de videira tenha aportado ao Brasil em 1532 no estado de São Paulo (BRASIL, 2004). Herdeiros de uma longa tradição vitivinícola, os imigrantes italianos logo confeririam importância econômica à atividade que pode ser observada até os dias atuais, quando o setor congrega mais de 16 mil famílias de produtores rurais, e mais de 600 unidades vinificadoras, empregando mais de 200 mil trabalhadores de forma direta e indireta em toda a cadeia (BRASIL, 2004).

Em 2006, o Brasil possuía cerca de 87.792 ha de área plantada com videiras, dos quais 47.584 ha se encontravam no estado do Rio Grande do Sul, 4.986 ha plantados em Santa Catarina, e o restante era distribuído em outros estados, como Pernambuco (6.471 ha), Bahia (3.150 ha), Minas Gerais (929 ha), São Paulo (18.772 ha) e Paraná (5.900 ha). Ainda em 2006, a produção de uvas foi de aproximadamente 1.228.390 toneladas, e deste montante, 38,32% da uva produzida no Brasil foi destinada à elaboração de vinhos, sucos, destilados e outros derivados (BRASIL, 2007).

Em 2007, a área plantada com videiras no Brasil teve um incremento de 2,74%, passando para 89.946 ha. Este acréscimo foi também observado na produção de uvas, em que foram produzidas 1.354.960 toneladas, superior em 11,04% ao ano anterior. O estado que apresentou o maior acréscimo na produção de uvas foi o estado da Bahia, 34,45%, seguido pelos estados de Santa Catarina (14,16%) e Rio Grande do Sul (13,04%) (BRASIL, 2008).

Do total de uvas produzidas no Brasil em 2007, 47,02% foram destinadas à elaboração de vinhos, sucos e outros derivados. O cultivo de uvas e a produção de vinho de mesa estão concentrados na região da Serra Gaúcha (RS). No entanto, em Santa Catarina a vitivinicultura é de grande importância econômica para a região do Vale do Rio do Peixe, que possui grande similaridade com a exploração vitícola encontrada no Rio Grande do Sul, apresentando

propriedades com aproximadamente 30 ha de área média, sendo que destes 2,14 ha são plantados com vinhedos (BRASIL, 2007).

3.1.1 Atividade Vinícola em Santa Catarina e na região do Rio do Peixe

O Estado de Santa Catarina, localizado na região sul do Brasil, é o quinto estado com maior área de vinhedos no território nacional (4.914 hectares), e produziu 54.554 toneladas de uva em 2007 (BRASIL, 2008). Neste estado, a produção vinícola anual estimada é de 27 milhões de litros de vinho e suco de uva, que são produzidos por médios, pequenos produtores e produtores artesanais (EPAGRI, 2000).

O estado divide-se em três regiões características, com relação à produção de vinhos: a região tradicional, a região nova e a região super nova (BRDE, 2005). Foram classificadas como regiões tradicionais o Alto Vale do Rio do Peixe, considerada a maior produtora de Santa Catarina (Pinheiro Preto, Tangará, Videira, Iomerê), e a Região Carbonífera (Criciúma, Urussanga), na qual se destaca a produção de vinhos coloniais e comuns, incluindo uma pequena parcela de vinhos finos.

Nas regiões consideradas novas, há uma mescla de produção: em Rodeio, destaca-se a produção de vinhos comuns e finos (ainda no início); em Nova Trento, coloniais e comuns; e em Chapecó, vinhos artesanais. As regiões consideradas supernovas ou de altitude, como São Joaquim e Água Doce, apresentam condições climáticas particulares, em que se concentra a produção de vinhos finos e contam com estrutura técnica baseada em resultados de pesquisas da EPAGRI.

Ainda assim, grande parte da produção do estado de Santa Catarina concentra-se no Vale do Rio do Peixe, em que 3.740 famílias rurais produzem anualmente 54.647,70 toneladas de uva, das quais, as cantinas absorvem aproximadamente 80 % para a produção de vinho. Portanto, o setor vitivinícola é responsável por geração de renda na região para a propriedade rural e para a indústria vinícola (EPAGRI, 2000).

3.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE VINHOS

Vinho é a bebida obtida da fermentação alcoólica do mosto da uva fresca, sã e madura (BRASIL, 1988). Segundo Hashizume (1975), uma possível definição para o vinho seria baseada na definição bioquímica: “bebida proveniente da fermentação alcoólica dos açúcares do suco de uva pelas leveduras e, em certos casos, pelas bactérias lácticas”.

A uva é composta de duas partes bem distintas, a parte herbácea (denominada engaço) e a parte carnosa (denominada baga ou grão). O engaço, parte que suporta os grãos, é constituído pelo pedúnculo e suas ramificações, correspondendo de 2 a 5% da uva madura, é rico em água, matéria lenhosa, resinas, minerais e taninos. O grão de uva é formado de 85 a 92% de polpa (que contém água, açúcares, ácidos orgânicos, etc.), 6 a 12 % de casca ou película e 2 a 5 % de semente (que contém 10 a 20% de óleo comestível de boa qualidade) (HASHIZUME, 1975).

O vinho é composto principalmente por água, alcoóis, açúcares, ácidos orgânicos, proteínas, compostos fenólicos e aromáticos, entre outros. A água, que corresponde de 70 a 90% da composição do vinho, é inteiramente proveniente das uvas, sendo proibida por lei a adição de água ao vinho (GUERRA; BARNABÉ, 2005). Dentre os alcoóis, o álcool etílico é o mais importante do vinho correspondendo a uma proporção de 72 a 120 g/L, enquanto os demais alcoóis representam 0,5% do total: glicerol (5 a 10 g/L), butilenoglicol (0,3 a 1,5 g/L), inositol (0,5 g/L), metanol (0 a 635 mg/L), entre outros (HASHIZUME, 1975). Os açúcares presentes no vinho podem ser provenientes da uva - glicose e frutose - ou da adição de sacarose, que visa complementar o açúcar natural da uva, sendo esta permitida por lei até certos limites (processo de chaptalização). Para alcançar o teor alcoólico necessário, o açúcar é consumido e transformado em álcool durante o processo fermentativo: nos vinhos secos a dosagem de açúcar situa-se em torno de 1 e 2 g/L (HASHIZUME, 1975). Os ácidos orgânicos presentes no vinho podem ser provenientes da uva (em valores aproximados: tartárico = 10g/L, málico = 5g/L e cítrico = 1g/L) ou provenientes da fermentação (láctico cerca de 1 a 3 g/L, succínico e acético) (GUERRA; BARNABÉ, 2005). Quanto a presença de compostos nitrogenados, o vinho apresenta de 1 a 3 g/L destas substâncias que embora tenham seu papel reduzido para o paladar do vinho, são muito importantes para o desenvolvimento dos microorganismos envolvidos no processo.

Existem dois tipos básicos de vinho: o vinho branco e o vinho tinto. O vinho branco é obtido com a retirada das cascas e sementes após o desengace e esmagamento dos bagos da uva, ou seja, consiste no produto da fermentação do mosto clarificado. Os vinhos tintos resultam, usualmente, da fermentação de mostos não-clarificados (mostos com cascas, bagos e sementes), preparados também a partir de uvas desengaçadas e esmagadas (RODRIGUES et al., 2006). A elaboração do vinho, seja ele tinto ou branco, segue minimamente algumas etapas:

- (a) Colheita e recepção das uvas: as uvas maduras são colhidas em dias secos nas primeiras horas da manhã e encaminhadas à cantina em caixas de 20 quilos, onde elas são pesadas e têm o grau glucométrico determinado para eventuais correções do potencial alcoólico (GUERRA; BARNABÉ, 2005);
- (b) Desengace e esmagamento (prensagem): consiste na retirada do engaço e posterior esmagamento dos grãos para retirada do mosto, sem provocar o esmagamento das sementes e dos engaços (ROSIER, 1995, HASHIZUME, 1975, GUERRA; BARNABÉ, 2005). Pode ser manual ou mecanizado através de um equipamento denominado prensa esmagadora/desengaçadora;
- (c) Sulfitagem do mosto: consiste na adição de anidrido sulfuroso, normalmente na forma salina de metabissulfito de potássio, que possui ação antioxidante e antisséptica no vinho, permitindo maior controle da fermentação e segurança na obtenção de bons vinhos (ROSIER, 1995). Guerra e Barnabé (2005) ressaltam que a ação seletiva dos compostos de enxofre ocorre sobre bactérias e leveduras indesejáveis ao vinho, por estas serem mais sensíveis às concentrações deste composto do que as leveduras desejadas. Esse procedimento é feito em dois momentos, antes do início da fermentação e ao seu término.
- (d) Desmostagem: é a separação das cascas da uva do mosto. No vinho branco, a desmostagem é feita logo após o esmagamento. No vinho tinto, as cascas podem permanecer em contato com o mosto até o momento da descuba, quando o vinho já adquiriu a coloração e a robustez desejada (ROSIER, 1995). O equipamento utilizado pode ser um escorredor estático ou dinâmico, ou uma prensa (GUERRA; BARNABÉ, 2005);
- (e) Debourbagem, clarificação ou desborra: realizada no vinho branco imediatamente após a desmostagem e a sulfitagem, para a decantação de substâncias sólidas de caráter oxidativo que estão presentes no mosto (ROSIER, 1995);
- (f) Adição de leveduras: método feito através da preparação de um pé-de-cuba com as leveduras desejadas. As leveduras cultivadas no pé-de-cuba podem ser naturais da uva, selecionadas a partir de suco de uva fresco ou selecionadas, secas e ativas

(comercializadas). A vantagem do emprego de leveduras é uma fermentação mais regular, mais rápida e com melhor rendimento de álcool (HASHIZUME, 1975).

- (g) Fermentação alcoólica: é uma reação exotérmica em que ocorre a transformação dos açúcares em álcool etílico e gás carbônico. “A fermentação representa para o vinho o mesmo que as fundações representam para uma construção (ROSIER, 1995)”. Esta etapa é dividida em fase tumultuosa e lenta. A fase tumultuosa ocorre no início, em que há aumento da temperatura e elevada produção de gás carbônico que empurra as cascas e outros sólidos para a parte superior da pipa, formando o “chapéu de bagaço”. Com a diminuição dos teores de açúcar e o aumento dos teores de álcool, que inibem algumas leveduras, o processo de fermentação diminui, iniciando a fermentação lenta, que deve ser processada na ausência de oxigênio e pode durar de 10 a 30 dias (GUERRA; BARNABÉ, 2005);
- (h) Remontagem: caracterizada pela retirada do vinho tinto da parte inferior da pipa e sua recolocação na parte superior, favorece a multiplicação das leveduras durante a fermentação tumultuosa em que se forma o “chapéu de bagaço” (ROSIER, 1995);
- (i) Prensagem: é o esmagamento do bagaço da uva retirado na desmostagem ou na descuba. Esse procedimento visa o melhor rendimento da matéria-prima (maior extração de mosto/vinho), gerando um primeiro vinho chamado vinho de lágrima e um segundo vinho, de qualidade inferior, chamado vinho de prensa (ROSIER, 1995);
- (j) Fermentação Malolática: consiste na transformação do ácido málico em ácido láctico através da ação de bactérias lácticas (GUERRA; BARNABÉ, 2005). Esta etapa é indispensável em vinhos tintos obtidos de mostos mais ácidos e, após essa etapa, o vinho pode ser considerado biologicamente estável (HASHIZUME, 1975);
- (k) Trasfegas: é a translocação do vinho de um recipiente para outro com objetivo de separá-lo das precipitações contidas no fundo (GUERRA; BARNABÉ, 2005). Esse material precipitado, chamado borra, contém cascas, pequenas sementes, leveduras, substâncias que compuseram o mosto, entre outros resíduos advindos do processo de vinificação;
- (l) Estabilização: é a fase que ocorre após as fermentações, em que alguns compostos, originados da uva ou da autólise das bactérias, são neutralizados ou sedimentados por processo químicos ou físicos (GUERRA; BARNABÉ, 2005). A finalidade é a obtenção de um produto límpido e a retirada de leveduras, que nessa fase de amadurecimento, prejudicariam a estabilidade do vinho (ROSIER, 1995). A colagem, realizada nesta etapa, consiste na adição de um produto clarificante (mineral ou orgânico). Normalmente utiliza-se bentonite, que por adsorção eletrostática coagula, flocula ou arrasta partículas em

suspensão. Já a estabilização pelo frio permite a estabilização física do vinho, e pode ser feita com equipamentos geradores de frio. No caso de pequenos agricultores, a estabilização física é conseguida com a passagem do inverno (ROSIER, 1995);

(m) Filtração: empregada para a retirada de micropartículas e para promover a estabilização biológica do vinho. Os filtros utilizados para a filtração do vinho podem ser de adsorção ou tamisação. Em vinhos mais turvos, os filtros mais usados possuem o princípio de tamisação, como os filtros de terras (elemento filtrante terra de diatomáceas ou a perlita). Para vinhos mais límpidos, os filtros utilizados possuem o princípio de adsorção, como os filtros de placa de celulose (HASHIZUME, 1975);

(n) Engarrafamento: pode ser feito em garrafas de vidro e/ou garrafas plásticas novas, que necessitam de um procedimento de enxágüe, e garrafões novos ou usados, desde que, estes últimos, passem por lavagem quente com soda cáustica para remoção de resíduos (ROSIER, 1995).

3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS À ATIVIDADE VINÍCOLA

O processo de produção do vinho gera praticamente os mesmos tipos de resíduos, variando, em função da escala, as quantidades geradas de uma vinícola para outra. Segundo Musee; Lorenzen; Aldrich, (2005), os resíduos normalmente produzidos são:

- Sólidos orgânicos, provenientes da própria uva (casca, engaço, sementes, bagaço);
- Sólidos inorgânicos (bentonite, terra de diatomácea, produtos de filtração, etc.);
- Emissões gasosas (CO₂, compostos orgânicos voláteis, etc.);
- Efluentes advindos da atividade produtiva.

A produção desses resíduos está relacionada com a produção do vinho e, por este motivo, tem como característica a sazonalidade, sendo muito intensiva em um pequeno período de tempo, ou seja, durante a safra (MUSEE; LORENZEN; ALDRICH, 2005).

Segundo a EPA (2004), os principais impactos associados às vinícolas são: a poluição da água, a degradação do solo e da vegetação pelas práticas de disposição dos resíduos sólidos e líquidos, os odores e emissões atmosféricas, resultantes dos processos de vinificação e do

gerenciamento dos subprodutos gerados, além de ruídos ocasionados pelos equipamentos de vinificação.

3.3.1 Resíduos sólidos vinícolas

Sementes, cascas e engaços tornam-se resíduos após a extração do sumo da uva e podem corresponder a 20% da produção de vinhos. Cascas e sementes de uva representam uma em cada oito toneladas de uvas frescas (LANDLINE, 2007). Dentre os resíduos sólidos gerados, a disposição do bagaço (casca e sementes) é um dos grandes problemas associados às atividades vinícolas e, caso não sejam devidamente tratados, podem ocasionar diversos problemas ao meio ambiente, como a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, além de atrair vetores de doenças (ARVANITTOYANNIS et al., 2006).

Por outro lado, alguns subprodutos, gerados no processo de vinificação, representam fonte de compostos antioxidantes que estão despertando interesse comercial (ARVANITTOYANNIS et al., 2006). Entre eles, as sementes da uva podem ser consideradas valiosas, por conterem compostos antioxidantes em seu revestimento, podendo ser utilizadas no combate às doenças de coração e câncer, quando adicionados a produtos alimentícios como, por exemplo, iogurtes (LANDLINE, 2007). O bagaço, em alguns casos, pode ser destilado para a fabricação da grapa (grape spirit) e o óleo extraído das sementes pode ser utilizado na indústria alimentícia, farmacêutica e de estética.

Silva (2003) classifica os subprodutos da vinificação como sendo: o bagaço (constituído por engaços, cascas e sementes), as borras e os sarros (bitartaratos e tartaratos de potássio que, após a fermentação, formam no interior pipa uma camada de revestimento). Dentre os usos destes resíduos da viticultura, o bagaço pode ser utilizado para a extração do álcool (aguardente e álcool étílico), ácido tartárico, corantes antociânicos, podendo ser utilizado também como fertilizante na agricultura. A semente pode ser utilizada para a extração de óleos e taninos, além de poder ser incorporada em adubos e rações. A utilização das borras destaca-se pela possibilidade de recuperação do ácido tartárico, álcool e substâncias corantes, além da incorporação no solo como fertilizante orgânico. Quanto aos sarros, estes se restringem à recuperação do ácido tartárico e, os engaços podem servir de matéria-prima da indústria do papel, para obtenção de proteína e combustível (SILVA, 2003).

Segundo Costa e Belquior (1972 apud SILVA, 2003), durante a produção de 100 litros de vinho branco obtêm-se 31,17 kg de subprodutos, enquanto para o mesmo volume de vinho tinto obtêm-se 25 kg. A composição dos subprodutos pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1: Composição dos subprodutos da vinificação.

Subprodutos	Vinificação em Branco	Vinificação em Tinto	Média (kg/hl)
	(kg/hl)	(kg/hl)	
Engaços	4	3	3,5
Bagaço	17	13,5	14,5
Semente	4	4	4
Borra (líquida)	6	4,4	4,6
Sarro	0,17	0,10	0,12

Fonte: Adaptado de Costa e Belquior (1972 apud Silva, 2003).

Para o tratamento desses resíduos, várias metodologias têm sido utilizadas, tais como compostagem, digestão aeróbia e anaeróbia, digestão anaeróbia termofílica, eletrodialise, pirolíse, ozonização e oxidação (ARVANITTOYANNIS et al., 2006).

3.3.2 Consumo de água na indústria

Segundo Tsutiya (2006), o uso da água na indústria pode ser classificado em cinco categorias:

- (a)Uso humano: refere-se ao consumo de banheiros, banho e alimentação. Orsini (1996 apud TSUTIYA, 2006) consideram que o consumo médio para uso sanitário seja 70 L/operário.dia;
- (b)Uso doméstico: atividades de limpeza geral e manutenção. Em alguns casos, pode ser incluída a irrigação e as torres de resfriamento;
- (c)Água incorporada ao produto: água utilizada para a fabricação do produto, como por exemplo, a água utilizada para fabricação de shampoos, alimentos e bebidas, como refrigerante e cerveja;
- (d)Água utilizada no processo de produção: como por exemplo, para geração de vapor, ou para refrigeração;
- (e)Água perdida: refere-se ao consumo ocorrido que não está relacionado com a atividade de produção, como por exemplo, água para lavagem de reservatórios, água para combate a incêndio e a água perdida em vazamentos.

Embora existam categorias de uso definidas, o consumo de água pode variar muito de uma indústria para outra, mesmo em indústrias do mesmo ramo. Para vinícolas, o valor médio de consumo encontrado foi 2,9 L/L de vinho na França e 0,5 L/L de vinho em Israel (VAN DER LEEDEN; TROISE; TOLD, 1990 apud MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Em indústrias de bebidas que vendem o produto envasado ao consumidor final, o consumo de água para a lavagem de garrafas novas e/ou de garrafas e garrafões retornáveis deve ser também considerado. O consumo de água nas lavadoras de garrafas depende da tecnologia empregada. Geralmente os equipamentos de lavagem de garrafas retornáveis são intensivos no consumo de água e geram grande quantidade de resíduos, como: pasta celulósica, formada pela cola, pelo papel dos rótulos, vidros de garrafas danificadas e o efluente líquido de lavagem (SANTOS, 2005). As lavadoras de garrafas mais modernas consomem menos quantidade de água, cerca de 0,5 hL/hL de volume nas garrafas, ou seja, 0,5 litros para cada garrafa de um litro, e em máquinas mais antigas esse valor pode está em torno de 3 a 4 hL/ hL volume nas garrafas (SANTOS, 2005).

Desta forma, o consumo de água é inevitável em uma indústria de bebidas, devido a necessidade de manutenção das condições de higiene no processo. No entanto, o uso da água pode ser reduzido ao mínimo necessário evitando desperdícios e não criando pressões ambientais. Neste sentido, algumas ferramentas de prevenção a poluição podem ser utilizadas, tais como: a eliminação do desperdício decorrente do mau uso ou funcionamento de dispositivos e válvulas; mudança de procedimentos operacionais aliados a avanços tecnológicos, treinamento e capacitação de operadores para eliminação de conceitos equivocados quanto ao uso da água feito na indústria (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). Para diminuição do consumo relacionado a atividades de limpeza, uma das atividades que deve ser incentivada é a limpeza inicial a seco dos resíduos sólidos, que além de reduzir o consumo de água, diminui o arraste de resíduos ao sistema de tratamento de efluentes (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, MUSEE et al., 2005).

3.3.3 Efluentes vinícolas

Em geral, os efluentes são ácidos no período de vinificação (vindima / safra) e alcalinos durante o resto do ano, devido às operações de lavagem (RODRIGUES et al., 2004). Uma característica importante do efluente vinícola é a sazonalidade dessa geração em termos de

volume e de composição. Essa sazonalidade pode ser percebida no Quadro 1, traduzido de EPA (2004), que descreve os principais períodos vinícolas relacionando-se com os meses do ano em que ocorrem, naquele país, as atividades desenvolvidas. No Brasil, esses períodos são igualmente observados, diferindo, no entanto, sua alocação durante o ano, em que a colheita inicia-se no final do mês de dezembro, podendo estender-se até meados de março.

<i>Períodos</i>	<i>Meses do Ano</i>	<i>Descrição</i>
Pré safra	Janeiro – Fevereiro	Engarrafamento, Lavagem cáustica dos tanques, Lavagem simples do equipamento para a safra.
Início da safra	Fevereiro – Março	A produção do efluente eleva-se rapidamente e alcança 40% do fluxo semanal máximo; as operações de vinificação são marcadas pela maior produção de vinho branco.
Pico da safra	Março – Maio	A geração de efluentes e as operações de vinificação estão em seu ponto máximo.
Final da safra	Abril – Junho	A produção de efluentes diminuiu a 40% do fluxo semanal máximo; as operações de vinificação são marcadas pela maior produção de vinho tinto.
Depois da safra	Maio – Setembro	As operações de pré-fermentação cessaram; os efeitos das ações de limpeza sobre a qualidade do efluente são grandes.
Fora da safra	Junho – Dezembro	A geração de efluente está geralmente a menos de 30% dos fluxos semanais máximos que ocorrem durante a safra; a qualidade do efluente depende muito das atividades de rotina.

Quadro 1: Descrição dos períodos de produção de efluente vinícola.

Fonte: Adaptado de EPA (2004).

Outra característica observada no efluente vinícola é a variação de quantidade e qualidade em função do tipo de vinho fabricado (branco ou tinto), do processo utilizado e do volume produzido (VLYSSIDES et al., 2005). A Figura 1 é a representação gráfica das operações unitárias da vinificação de vinho branco e seus respectivos efluentes e resíduos gerados.

Os efluentes vinícolas são compostos por resíduos de subprodutos (engaços, sementes, cascas, borras, tartaratos), perdas de produtos brutos (perdas de mosto e de vinho ocorridas por acidente ou durante as lavagens), produtos usados para o tratamento do vinho (colas, terras de filtração) e produtos de limpeza e de desinfecção usados para lavar materiais e pisos (RODRIGUES, 2006). Assim, as águas residuais contêm proporções variáveis de constituintes do mosto e do vinho: açúcares, etanol, ésteres, glicerol, ácidos orgânicos (como o cítrico, tartárico, málico, láctico, acético), compostos fenólicos e uma população numerosa

de bactérias e de leveduras, elementos facilmente biodegradáveis, exceto pela presença de polifenóis (RODRIGUES, 2006).

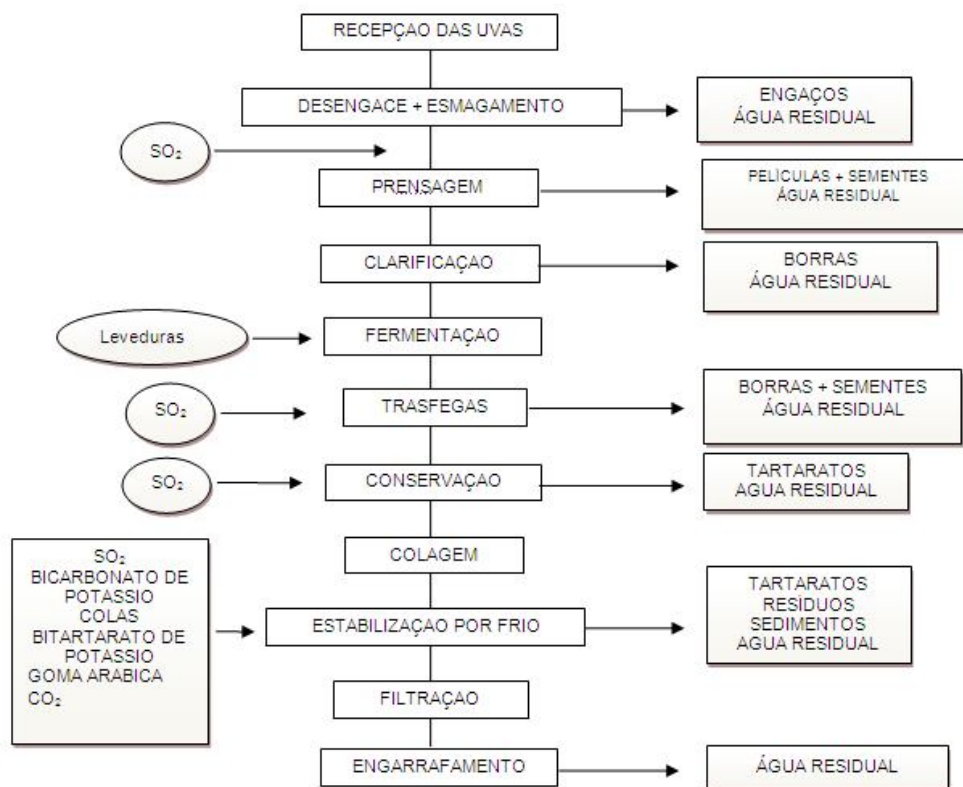


Figura 1: Vinificação de uva branca e geração de efluentes.
Fonte: adaptado Rodrigues et al. (2006)

A flutuação físico-química de composição dos efluentes vinícolas que ocorre em função dos diversos fatores citados anteriormente pode ser verificada na compilação feita a partir de alguns estudos e apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Valores médios de composição físico-química obtida por diferentes autores na caracterização de efluente vinícola bruto.

<i>Autores</i>	<i>PETRUCCIOLI et al., 2001</i>	<i>BUSTAMANTE et al., 2005</i>	<i>BORIES et al., 2005</i>	<i>RODRIGUES et al., 2006</i>	<i>VLYSSIDES et al., 2005</i>		<i>ANDREOTTOLA et al., 2005 (b)</i>	
Parâmetros	Valores médios obtidos para 3 cantinas na Itália	Faixa de valores para 8 vinícolas na Espanha	Setembro a junho (23 análises)	Colheita (Valores médios após 24 horas)	Vinho Branco	Vinho Tinto	Colheita (Valores médios)	Após Colheita (Valores médios)
pH	-	3,6 – 11,8	5,0	4,7	6,0	6,2	3,8 – 8,2	4,0 – 11,4
EC	-	0,08 – 0,31	-	-	-	-	-	-
ORP	-	(-352) - 181	-	-	-	-	-	-
ST	-	1.602 – 79.635	-	-	3900	4100	-	-
SVT (mg/L)	-	661 – 54.952	-	742	3.400	3.750	-	-
SS (mg/L)	200 - 1.300	226 – 30.300	3.300	-	140	220	695 ± 815	722 ± 740
SSV (mg/L)	-	-	-	1.060	128	200	-	-
DBO₅ 20 (mg/L)	-	125 – 130.000	-	8.100	1.740	1970	-	-
DQO (mg/L)	800 – 12.800	738 – 296.119	14.600	14.150	3.112	3.997	7.130 ± 3.533	5.652 ± 4.560
NT (mg-l)	-	0,0 – 142,8	-	-	-	-	-	-
NTK (mg/L)	-	-	-	48,2	67	71	-	-
NH₄ - N	-	-	-	-	-	-	21,2 ± 24,8	18,2 ± 27,2
PO₄³⁻	0,3 - 35	-	-	-	-	-	6,4 ± 7,2	6,7 ± 7,4
PT (mg/L)	5,0 - 77	3,3 – 188,3	-	5,5	7	8,5	-	-
Fe (mg/L)	-	1 - 77	-	-	-	-	-	-
Cu (ug/L)	-	200 – 3,260	-	-	-	-	-	-
Zn (ug/L)	-	90 – 1.400	-	-	-	-	-	-
CFT (mg/L)	13.1 – 247	29 - 474	-	-	280	1.450	-	-

Siglas: pH: potencial hidrogênionico, EC: condutividade, ORP: potencial redox, ST: sólidos totais, SVT: sólidos voláteis totais, SS: sólidos suspensos, SSV: sólidos suspensos voláteis, *DBO₅20*: Demanda Biológica de Oxigênio, *DQO*: Demanda Química de Oxigênio, NT: nitrogênio total, NTK nitrogênio total Kjeldahl, PT: fósforo total, CFT: compostos fenólicos totais.

3.3.4 Alternativas para minimização de efluentes e resíduos na indústria vinícola

A minimização de efluentes e resíduos na produção de vinhos exige o conhecimento da rota da matéria-prima, ou seja, o que acontece desde a chegada da uva na cantina até a saída do vinho. Dentro dessa rota, os cenários de consumo de matérias primas e a geração qualitativa e quantitativa de resíduos devem ser examinados. Através do conhecimento dessas etapas, pode ser identificada a fonte de resíduos e avaliar as suas causas, para que possam ser propostas estratégias de minimização (MUSEE; LORENZEN; ALDRICH, 2005).

A EPA (2004) exige das vinícolas o desenvolvimento de um plano de monitoramento que inclua o controle da qualidade da água afluenta e efluente, solo e águas subterrâneas, para que possíveis contaminações possam ser identificadas. Neste plano de monitoramento, devem estar presentes: (1) o fluxograma de entradas e saídas, (2) a descrição clara e concisa dos processos adotados na vinícola, e (3) dados quantitativos anuais como, por exemplo, o volume de vinho processado, razão entre uvas brancas e tintas, entre outros. Esses dados, depois de compilados, podem ser utilizados como base para iniciativas de melhoramento ambiental, bem como, desenvolvimento de ações de Produção mais Limpa (P+L).

A quantidade e os tipos de resíduos produzidos pelas vinícolas variam de acordo com as práticas de gerenciamento de resíduos e com as atividades adotadas. Segundo Musee, Lorenzen e Aldrich (2005), as causas da geração de resíduos podem estar relacionadas às características dos materiais que entram no processo (qualidade das uvas, características da água, etc.) e às tecnologias utilizadas, que podem aumentar ou diminuir a geração de resíduos. Dessa forma, os autores dividiram as estratégias de minimização de resíduos em quatro diferentes categorias: (a) modificação tecnológica; (b) substituição das matérias primas; (c) melhoria das práticas operacionais e reúso/reciclagem dos subprodutos e (d) gerenciamento dos resíduos gerados.

Na tentativa de realizar um gerenciamento adequado da produção de vinhos no país, o governo do Chile buscou identificar as deficiências nos processos produtivos, principalmente relacionados ao manejo de produtos fitossanitários e ao manejo adequado de resíduos sólidos e efluentes gerados no processo de produção do vinho. Com base no diagnóstico realizado, o foco da Produção mais Limpa na indústria vinícola chilena foi direcionado para a oportunidade de redução dos custos através do uso eficiente da água, energia e matérias

primas, através da prevenção da poluição na fonte, de estratégias de minimização de resíduos e do cumprimento à norma ambiental vigente naquele país, que regula sobre o tratamento e disposição dos resíduos industriais líquidos e sólidos dos produtores de vinho e das vinícolas (CHILE, 2003).

Quanto ao processo de vinificação, a estratégia chilena incluiu o item manejo integral de resíduos industriais, em que devem estar descritos os planos de manejo de embalagens vazias, provenientes da aplicação de fitossanitários e da produção de vinho, além do manejo do lodo proveniente dos sistemas de tratamento de efluentes e o manejo do bagaço, engaço e borras. No que se refere aos resíduos sólidos, estes devem ser quantificados, avaliando-se o volume gerado, transporte e destino final. No entanto, a reutilização deve ser sempre priorizada, sendo realizada pela empresa ou por terceiros, tendo-se como aplicações possíveis: a utilização na agricultura como fertilizante ou recuperador de solos, a utilização como insumos para processos, como a produção de ácido tartárico, álcool, tartarato de cálcio ou cremor tártaro. No que concerne ao plano de manejo de resíduos líquidos, este deve impedir ou minimizar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas e, se possível, incluir um projeto de reúso agrícola para esse efluente (CHILE, 2003).

Segundo Musee, Lorenzen e Aldrich (2005), a efetividade dos processos de reciclagem e reúso como estratégias de minimização dos resíduos depende da natureza da indústria. As indústrias de alimentos e bebidas possuem maior dificuldade de reutilizar seus resíduos e subprodutos, pelo elevado risco de contaminação. Portanto, resíduos e subprodutos gerados no processo de produção de vinho tem seu reaproveitamento mais viável quando realizado em outras indústrias associadas.

A abordagem de Musee, Lorenzen e Aldrich (2005) para a redução de resíduos é mais complexa que aquela proposta pelo governo chileno, tendo sido dividida em estratégia geral e específica. As estratégias gerais se referem às alternativas que podem ser aplicadas a diversos resíduos gerados, enquanto que as estratégias específicas se referem ou podem ser utilizadas para somente um resíduo ou processo. Os resíduos gerados também foram classificados em intrínsecos e extrínsecos ao processo de vinificação. Durante o estudo, verifica-se que a maioria das alternativas elencadas pelos autores na minimização de resíduos intrínsecos (cascas, borra, sementes, etc) foi classificada na categoria de modificações da tecnologia, o que significa que ações relacionadas a alterações tecnológicas têm maior potencial para

reduzir os desperdícios durante o processo e, além disso, aumentar a produtividade. Quanto aos resíduos extrínsecos ao processo, os autores afirmam que estes são gerados em grandes quantidades na indústria do vinho e em vários processos auxiliares tais como a limpeza, refrigeração e engarrafamento (por exemplo, efluentes líquidos, solventes de limpeza, etc).

De acordo com Torrijos e Moletta (2000), 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.

As operações de limpeza auxiliam na manutenção das condições de higiene e sanitização, pois, embora o vinho suporte o desenvolvimento de bactérias patogênicas devido à presença do álcool, deve ser mantido livre de contaminação para manter a sua qualidade. Para a manutenção dessas condições, além de uma estrutura adequada, a atividade vinícola deve utilizar água junto com agentes de limpeza e esterilização.

Para a redução do volume de efluente gerado pela atividade vinícola, Torrijos e Moletta (2000) e Chile (2003) sugerem que seja feito um gerenciamento do uso da água levando em consideração, especialmente, três pontos:

- (a) A separação das águas limpas (água de lavagem de garrafas novas, de resfriamento e da água da chuva);
- (b) A diminuição das perdas (efetuar quando possível uma limpeza inicial a seco);
- (c) Melhorar o rendimento dos métodos de limpeza (uso de sistemas de alta pressão).

A utilização da água da chuva e da água do resfriamento dos tanques para a lavagem de pisos e superfícies que não tenham contato com o produto, e a lavagem dos equipamentos logo após o uso e com as quantidades de sanitizantes especificadas em seus rótulos são alternativas que podem ser utilizadas (MUSEE; LORENZEN; ALDRICH, 2005).

Para as operações de limpeza, Musee, Lorenzen e Aldrich (2005) sugerem que seja feito treinamento do pessoal e conscientização quanto ao uso da água. Modificações tecnológicas, como a substituição de equipamentos de limpeza comuns por equipamentos de alta pressão e com bocais giratórios para facilitar o processo da limpeza, instalação de medidores para monitorar a quantidade de água utilizada, e modificação de estruturas rugosas por superfícies lisas também são alternativas para a redução do consumo de água. Segundo os autores, essas medidas são muito efetivas, também, para reduzir a carga de poluição do efluente.

3.4 LEGISLAÇÃO PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

O objetivo do tratamento de efluentes é corrigir algumas características do líquido utilizado e descartado, de modo a atender os requisitos de qualidade necessários para lançamento no corpo receptor sem prejudicar seus usos múltiplos. No Brasil, os padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos são estabelecidos pela Resolução n° 357 de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que define valores máximos para pH, temperatura, DBO (demanda biológica de oxigênio), sólidos em suspensão, entre outros parâmetros (BRASIL, 2005). Para o estado de Santa Catarina, há o Decreto N° 14.250/81 que regulamenta o lançamento de efluentes em corpos hídricos. Na Tabela 3, podem ser visualizados os valores de alguns padrões de lançamento exigidos pelo Decreto Estadual N° 14.250/81.

Tabela 3: Padrões de lançamento de efluentes segundo o Decreto Estadual N° 14.250/81.

Parâmetros	Padrão (VM = valores máximos)
pH	6,0 a 9,0
Temperatura	< 40°C
DBO	60 mg/L ou 80% de remoção
Nitrogênio Total	10 mg/L
Fósforo Total	1 mg/L
Ferro ²⁺ solúvel	15,00 mg/L
Cobre Total	0,5 mg/L
Zinco Total	1,0 mg/L

No entanto, diferente de outros países, não existe no Brasil uma legislação específica para regulamentar os lançamentos gerados pela indústria vinícola. A EPA (2004), em seu Manual para Vinícolas e Destilarias, dedica-se aos efluentes gerados por essa atividade e a primeira exigência é que seja realizada a medição da quantidade de efluentes gerados, para determinar

com mais precisão as cargas hidráulicas e químicas. A partir da quantidade do efluente gerado, uma frequência de monitoramento é estabelecida: uma vez por ano, se a quantidade de efluentes gerados for menor que 10 ML (10 mega litros, ou seja, 10.000.000 litros), e três vezes por ano se a quantidade gerada for superior a 20 ML. Entretanto, para as vinícolas que produzem mais de 10 ML por ano, a EPA permite que a frequência de monitoramento seja reduzida. No entanto, esta redução está condicionada a um sistema adequado de tratamento e a um plano de irrigação, ambos aprovado por este órgão, e ainda a existência de um sistema de gerenciamento do efluente com monitoramento in-line para oxigênio dissolvido, e pH ou EC (condutividade elétrica). Os parâmetros exigidos estão divididos em obrigatórios e facultativos, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros a ser analisados no efluente adaptado de EPA (2004).

	Parâmetros	Unidades Padrão
Obrigatórios	DBO	mg/L
	Nitrogênio Total	mg/L
	Fósforo Total	mg/L
	Potássio Total	mg/L
	EC	dS/m
	pH	pH units
	Sódio	mg/L
	Magnésio	mg/L
	Cálcio	mg/L
	Cloretos	mg/L
	Sólidos suspensos totais	mg/L
Facultativos	COT	mg/L
	DQO	mg/L
	Sulfatos	mg/L
	Carbonatos	mg/L
	Bicarbonatos	mg/L

3.5 TRATAMENTO DE EFLUENTES VINÍCOLAS

A crescente preocupação mundial com a qualidade do meio ambiente tem sido sentida com as diversas conferências realizadas sobre o tema em diversos níveis. Cada vez mais os órgãos ambientais e os consumidores têm pressionado empresas para que produzam de maneira mais eficiente e limpa. O mesmo ocorre com a indústria vinícola em todo mundo. De modo a reduzir os impactos causados pela atividade, algumas alternativas de tratamento têm sido propostas para os efluentes vinícolas através de experimentos em escala piloto e em escala

real para encontrar uma tecnologia eficiente, de baixo custo e de fácil operação e manutenção (ANDREOTTOLA, 2005).

Segundo ROCHARD et al. (1999), diferentes formas de tratamento podem ser utilizadas para os efluentes vinícolas, dentre elas processos químicos, físicos e biológicos. No entanto, atualmente são mais expressivas as pesquisas realizadas com os tratamentos biológicos, podendo-se citar a utilização de digestão anaeróbia (MOLETTA et al., 2005), reator com leito de biofilme fixo (ANDREOTTOLA et al., 2005 b), reatores descontínuos seqüenciais – SBR (RODRIGUES et al., 2006), reator em bateladas seqüenciais com biofilme – SBBR (ANDREOTTOLA et al., 2002), reator de lodo ativado tipo *jet-loop* (PETRUCCIOLI et al., 2001), entre outros.

A Tabela 5 é uma tabela resumo de algumas formas de tratamento relatadas na Revista *Water Science & Technology*, v. 51, n. 2 de 2005 e v. 56, n. 2 de 2007, em publicação relacionada aos eventos realizados em Barcelona (2004), Vina del Mar (2006), 3^a e 4^a *International Conference on Sustainable Viticulture*, respectivamente.

Tabela 5: Resumo de algumas formas de tratamento baseadas na Revista *Water Science & Technology* v. 51, n. 2 de 2005 e v. 56, n. 2 de 2007.

Autores	Forma de tratamento	Reator	COV média e/ou DQO média	Neutralização	Adição de nutrientes	Eficiências de remoção
Andreotolla et al., (2005) (b)	Tratamento biológico - aeróbio	<i>Fixed bed biofilm reactor</i> - reator de biofilme em leito fixo	1º estágio: 2,4 kgDQO/m ³ .d 2º estágio: 1,3 kgDQO/m ³ .d	Sim	N e P	1º estágio: 80% de remoção DQO total 2º estágio: 51% de remoção de DQO total
Bruculeri et al., (2005)	Tratamento biológico - aeróbio	co-tratamento (efluente municipal) - lodos ativado convencional	Safra: 9 kgDQO/m ³ ; Entressafra: 6,5 kgDQO/m ³	-	-	Safra e entressafra: 90% remoção de DQO
Colin et al., (2005)	Tratamento biofísico	<i>Evapo-concentration with fraactioned distillation</i> (EEFC) -Evapo concentração com destilação fracionada	DQO entrada: 23.376 mgDQO/L	-	-	EEFC: 99,2% remoção de DQO
Eusébio et al., (2005)	Tratamento biológico - aeróbio	<i>Jet-loop reactor</i> – lodo ativado tipo <i>jet-loop</i>	19,4 gDQO/L.d	-	-	80 a 90 % remoção de DQO
Arnaiz et al., (2005)	Tratamento biológico - anaeróbio	<i>Fluidized bed biofilm reactor (inverse turbulent bed)</i> - Reator de leito fluidizado com biofilme (de leito turbulento inverso)	20 a 30 kgDQO/m ³	-	N	70 a 84% remoção de DQO
Sheli e Moletta, (2007)	Tratamento biológico - anaeróbio	<i>Sequentially mixed moving bed biofilm reactor</i> - Reator de biofilme com leito móvel sequencialmente misturado.	a)16,19 a 45 gDQO/L b) 4,8 a 8 gDQO/L c) 13,3 gDQO/L d) 29,59 gDQO/L	a) sim b) sim c)sim d) sim	a) não b) não c) sim* d) sim* *Fe, Ni, Co	a) 68,1 a 97,7% remoção DQO b) 39,6 a 63,8% remoção DQO c) 92,2 de remoção DQO d) 81,3 a 89,2% remoção DQO

Tabela 5 (continuação): Resumo de algumas formas de tratamento baseadas na Revista *Water Science & Technology* v. 51, n. 2 de 2005 e v. 56, n. 2 de 2007.

Autores	Forma de tratamento	Reator	COV média / DQO média	Neutralização	Adição de nutrientes	Eficiências de remoção
Melamane, X.L. Tandlich, R. Burgess, J.E. (2007)	Tratamento biológico - anaeróbio	Anaerobic Digester - Digestor Anaeróbio	DQO entrada: 4185 DQOmg/L	Sim - CaCO ₃ , K ₂ HPO ₄	Fe(NO ₃) Co(NO ₃) Ni(NO ₃)	87% de remoção de DQO (média)
Thanikal, J.V. et al. (2007)	Tratamento biológico - anaeróbio	Anaerobic Fixed Bed Reactor: Reator Anaeróbio de Leito Fixo	1,3 a 36 gDQO/L.d	Sim	-	85% de remoção de DQO (média)
Molina, F. et al. (2007)	Tratamento biológico - anaeróbio	Hidridy USBF (Upflow Sludge Bed Filter)	5 kgDQO/m ₃ .d	Sim	N e P	98% de remoção de DQO (média)
Artiga, P. et al. (2007)	Tratamento biológico - aeróbio	Membrane Submerged bioreactor: Bioreator submerso a membrana	0,5 a 2,2 kgDAO/m ³ .d	-	NH ₄ CL e KH ₂ PO ₄	97% de remoção de DQO (média)
Lobos, J. et al. (2007)	Tratamento biológico - aeróbio	Continuous and Sequencing Membrane Submerged bioreactor: Bioreator Submerso a Membrana, Fluxo Contínuo e Sequencial	CMBR: 0,92 gDQO/L.d SMBR: 1,04 gDQO/L.d	Sim	NH ₄ NO ₃ e NH ₄ HPO ₄	CMBR: 97% de remoção de DQO SMBR: 94% de remoção de DQO
Mulidzi, A. R. (2007)	Tratamento biológico - aeróbio	Constructed Wetland: Wetland construído	-	-	-	Inverno: 88% de remoção de DQO verão: 77% de remoção de DQO
Fernández, B. et al. (2007)	Tratamento biológico - anaeróbio e aeróbio	Anaerobic Filter + Sludge Activated: Filtro anaeróbio + Lodos ativados	7,3 kgDQO/m ³	-	-	98,5 a 99,2% de remoção de DQO

3.5.1 Tratamento biológico de efluentes vinícolas

A determinação da tratabilidade de efluentes através de mecanismos biológicos depende da caracterização deste efluente. Um parâmetro importante a ser avaliado é a matéria orgânica, pois esta serve como fonte de energia para o metabolismo dos microrganismos que são os responsáveis pela sua remoção da fase líquida. Esse metabolismo pode ser acompanhado pela variação da concentração de matéria orgânica presente no efluente, através da avaliação dos parâmetros DBO e DQO (LIMA, 2005).

A relação existente entre os parâmetros DBO/DQO determina a tratabilidade de um efluente pela via biológica, sendo que, para efluentes que possuam essa relação inferior a 0,20, o tratamento biológico não é indicado. A relação DBO/DQO para efluente vinícola situa-se entre 0,5 e 0,6 (CANLER et al., 1998 apud BOLZONELLA et al., 2007).

Outra forma de determinar a tratabilidade biológica de um efluente é acompanhar o parâmetro DQO e definir sua fração solúvel. Neste sentido, de acordo com Andreotolla et al. (2005 b), 71,4 % da DQO presente no efluente vinícola é solúvel e rapidamente biodegradável, devido à presença de compostos como o etanol e o metanol. Segundo Brucculeri et al. (2005), a razão entre a DQO rapidamente biodegradável e a DQO total para o efluente vinícola, geralmente, apresenta valores iguais a 0,3 durante o período de entressafra, aumentando para 0,9 durante o período da safra.

Além do acompanhamento da DBO e DQO, outro aspecto indispensável para o sucesso do tratamento biológico é o balanço entre a matéria carbonácea e os nutrientes, pois tanto as bactérias autotróficas quanto às heterotróficas, responsáveis pela degradação da matéria orgânica, são exigentes em relação a estes compostos.

O efluente vinícola possui uma elevada concentração de matéria orgânica carbonácea, no entanto, apresenta uma relação carbono/nitrogênio/fósforo (DBO/N/P) diferenciada daquela obtida em esgotos domésticos e tida como ideal ao tratamento biológico de efluentes. Para esgoto doméstico a relação (DBO/N/P) está em torno de 100/5/1, enquanto que para efluente vinícola essa relação é relatada como sendo 100/1/0,25 (CANLER et al. 1998 apud BOLZONELLA et al., 2007). Por esta razão, com intuito de viabilizar o tratamento biológico, diversos autores adicionam nutrientes (N e P), e dentre eles, cabe citar Andreotolla et al.

(2002), que adicionou ao reator sequencial em batelada utilizado no estudo, 0,11 g de uréia/gDQO e 0,018 g de H_3PO_4 /g DQO (ácido ortofosfórico), para garantir a síntese das células.

3.5.2 Tratamento biológico por reatores com biomassa aderida

A utilização de processos aeróbios de tratamento por reatores com biomassa aderida remonta ao século passado, sendo que, no Brasil, a primeira estação de tratamento com filtro biológico foi construída em 1910 (JORDÃO; PESSOA, 2005). Como exemplos de reatores com biomassa fixa podem ser citados os Filtros Biológicos (*tricking filters*), os Biodiscos ou Reatores Biológicos de Contato Rotativo, *Air-lift*, Reatores de Leito Fluidizado e Reatores de Leito Fixo Granular ou Estruturado. Nestes reatores, os microrganismos que crescem aderidos ao meio suporte são os responsáveis pela degradação biológica da matéria orgânica e conseqüente tratamento do efluente.

No começo da utilização desse tipo de sistema, o material suporte para a adesão do biofilme era composto por materiais naturais como pedras e cavacos de madeira. Atualmente, os sistemas mais modernos utilizam materiais sintéticos ou plásticos como meio suporte e, até mesmo, carvão ativado. Materiais filtrantes distintos, como tampas de polietileno e cascas de ostras (resíduos de atividades humanas), vêm sendo testados como meio suporte para Biofiltro Aerado Submerso (BAS) no pós-tratamento de efluente séptico, com obtenção de bons resultados de remoção de DQO e nitrogênio, principalmente para a configuração que utiliza casca de ostra como meio suporte (MAGRI; SEZERINO; PHILIPPI, 2007).

Chernicharo (2001) cita algumas características que o material filtrante utilizado em Filtros Biológicos deve possuir, além de servir de suporte para a adesão dos microrganismos. Algumas dessas características podem ser estendidas ao material filtrante utilizado em Biofiltros Aerados Submersos, entre elas cabe citar:

- (a) Capacidade de remover altas cargas de DBO por unidade de volume e de operar a altas taxas de aplicação hidráulica;
- (b) Resistência estrutural suficiente para suportar o seu próprio peso e o peso da biomassa;
- (c) Suficientemente leve permitindo reduções significativas no custo das obras;
- (d) Biologicamente inerte e quimicamente estável, não sendo atacado pelos microrganismos do processo e nem tóxico a eles;

- (e) Menor custo possível por unidade de matéria orgânica removida, quando utilizado como tratamento em nível secundário.

O biofilme, responsável pela depuração do efluente nestes reatores, é uma densa camada de bactérias caracterizada pela habilidade de aderir ao meio sólido e formar um filme fixo, no qual as bactérias ficam protegidas (HENZE; HARREMOËS, 1996). Para Costa (1989 apud BRANDÃO, 2002), o biofilme é composto por $91 \pm 5\%$ de água, $2,5 \pm 0,5\%$ de matéria volátil e $6,7 \pm 4,8$ de materiais não voláteis. O modo como o biofilme se estrutura, proporciona importantes benefícios aos microrganismos, como: aumento da concentração de nutrientes na interface líquido-biofilme, proteção contra fatores ambientais agressivos, possibilidade de troca genética, facilidade de formação de grupos simbióticos e estabelecimento de nichos ecológicos (MITELMAN, 1998 *apud* MELO, 2007).

Segundo Characklis e Marshall (1990 apud Maiorano et al., 2005), as células imobilizadas crescem, reproduzem-se e geram polissacarídeos que formam uma matriz de fibras sobre a qual novas células se aderem. Esta estrutura permite o fluxo no meio líquido através de canais e, conseqüentemente, as limitações para difusão de oxigênio nestes canais criam zonas propícias para o cultivo de microrganismos aeróbios e anaeróbios (MAIORANO et al., 2005), sendo, o biofilme, portanto, um ambiente heterogêneo com a presença de processos fermentativos aeróbios e anaeróbios.

Geralmente os biofilmes são divididos em duas partes, a base e a superfície. As duas partes contêm microrganismos e materiais particulados, mantidos juntos por uma matriz de polímeros extracelulares excretados pelos microrganismos. A base do biofilme consiste em uma estrutura de acumulação, com limites bem definidos. O transporte de nutrientes e oxigênio para a base do biofilme ocorre através de processos de advecção, em que a superfície do biofilme permite a transição entre a base do filme e o líquido, e difusão turbulenta (GRADY; DAIGGER; LIM, 1999).

A formação, crescimento e acumulação do biofilme é resultado de vários processos de natureza física e biológica, explicados por Xavier et al. (2003), conforme pode ser visto na Figura 2. A Etapa 1 (adesão inicial) é o transporte das células livres presentes no meio líquido para uma superfície sólida, em que pode ou não ocorrer a fixação. A etapa 2 corresponde ao crescimento e divisão das células fixadas devido ao fornecimento de nutrientes provenientes

do líquido circundante, com produção e excreção de polímeros extracelulares (EPS - *extracellular polymeric substances*). A fixação de células bacterianas flutuantes, bem como de outras partículas, na etapa 3, contribui para a acumulação do biofilme. Por fim, o biofilme é perdido para o meio líquido (etapa 4). Esse desprendimento ocorre por dois mecanismos diferentes: a erosão ou perda de células individuais e a perda de agregados maiores. Após a fixação inicial de células microbianas (etapa 1), etapas recorrentes (etapas 2, 3 e 4) definem através de processos físicos e biológicos a estrutura e também a atividade do biofilme.

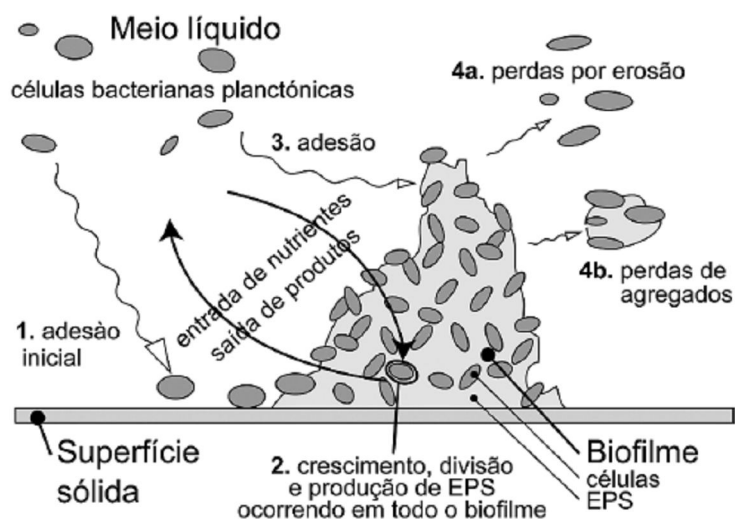


Figura 2: Processos envolvidos na formação e crescimento do biofilme
 Fonte: XAVIER et al., 2003

A espessura do biofilme está relacionada a eventos de entupimento do filtro. O crescimento excessivo do biofilme pode ser prevenido através das condições hidráulicas aplicadas ao filtro e da porosidade do meio filtrante. Outra opção é a retro-lavagem do filtro, que pode ser feita com a aplicação de elevado fluxo de água para que ocorra o desprendimento e erosão do biofilme do material suporte. Em casos de filtros em que seja necessário o suprimento de oxigênio, como os Biofiltros Aerados Submersos, a aeração pode ser feita ao fundo do filtro, para que as bolhas de oxigênio contribuam para oxidação da matéria orgânica durante a sua ascensão. O filtro, portanto, está continuamente em um processo de desprendimento e crescimento de novo biofilme (HENZE; HARREMOËS, 1996).

O crescimento das bactérias aderidas proporciona algumas vantagens para a degradação dos poluentes, quando comparado aos microrganismos de crescimento em suspensão. Dentre estas vantagens, Cohen (2001) cita que as elevadas concentrações de biomassa permitem a

concepção de sistemas eficientes e mais compactos, e a maior concentração de nutrientes no entorno do biofilme pode possibilitar uma elevada atividade metabólica, através do aumento do crescimento e, em consequência da atividade de degradação. Outras vantagens relatadas pelo crescimento do biofilme aderido são: a resistência a toxicidade, em grande parte devido ao efeito protetor da matriz de polímeros extracelulares, e a melhor qualidade do lodo, que usualmente é mais denso e apresenta menores problemas de sedimentação quando comparado a sistemas de biomassa suspensa (COHEN, 2001).

3.5.3 Biofiltro Aerado Submerso

O Biofiltro Aerado Submerso, ou Filtro Aeróbio Submerso, conforme designado pela NBR 13.969/97, é um processo de tratamento que utiliza um meio suporte, imerso no reator, para fixação dos microrganismos responsáveis pela depuração do esgoto (biofilme), sendo o oxigênio necessário fornecido por meio de equipamentos de aeração (ABNT, 1997). Embora o volume de ar introduzido seja significativo, no interior do meio filtrante prevalece um escoamento de fluxo pistão.

O biofiltro é um reator em que ocorrem três fases, a sólida, a líquida e a gasosa. A fase sólida é constituída pelo material suporte e pelas colônias de microrganismos que formam o biofilme, a fase líquida é o efluente que escoo pelo meio poroso e a fase gasosa é a aeração artificial e os gases subprodutos da atividade biológica (CHERNICHARO et al., 2001).

Considerando-se as ETEs em operação no Brasil, os Biofiltros Aerados Submersos são os mais compactos processos de tratamento aeróbio existentes. Estações com capacidade para atender de 10.000 a 100.000 habitantes já estão em funcionamento na Europa, e aproximadamente 50 unidades menores operam no Japão, principalmente para o tratamento de despejos industriais (CHERNICHARO et al., 2001).

Em geral, reatores submersos de biomassa fixa alcançam uma elevada concentração de microrganismos, o que permite menores tempos de detenção hidráulica (TDH) para os mesmos tempos de retenção de sólidos, em comparação com sistemas em que a biomassa cresce suspensa. Isso resulta em um sistema compacto, que pode ser vantajoso quando não se dispõe de grandes áreas para construir o sistema de tratamento (GRADY; DAIGGER; LIM, 1999).

Além de compactos, os biofiltros podem ser construídos em concreto, fibra de vidro ou aço revestido com epóxi, podendo ser constituídos de unidades pré-fabricadas, possíveis de serem transportadas e montadas no local da instalação. Essa peculiaridade facilita a instalação destes sistemas em locais onde a infra-estrutura tende a ser precária, como pequenas localidades (CHERNICHARO et al., 2001).

No Brasil, os Biofiltros Aerados Submersos (BAS), têm sido amplamente utilizados no Brasil para o pós-tratamento de esgoto sanitário de reatores anaeróbios, tais como reatores UASB (HIRAKAWA; PIVELI; ALÉM SOBRINHO, 2002; NASCENTES; ROQUE, 2003), tanque séptico (MAGRI; SEZERINO; PHILIPPI, 2007) e filtros anaeróbios (DOMINGUES; SECO; NOUR, 2005). No entanto, eles podem ser utilizados tanto para o polimento de sistemas anaeróbios, quanto para o tratamento principal, desde que em ambos os casos o afluente tenha uma concentração relativamente baixa de sólidos. Segundo Jordão e Pessoa (2005), essa concentração deve ser menor que 120 mg/L.

Na configuração de UASB + BAS, nas condições em que foi testado por Hirakawa et al. (2002), com taxas de aplicação de 0,74 a 4,02 kgDQO/m³.dia, o Biofiltro Aerado Submerso apresentou bons resultados na remoção de matéria orgânica (DQO e DBO₅). No período em que a eficiência média do reator UASB foi de 59% na remoção de DQO total, a contribuição média do BAS foi de 64%, removendo o conjunto 85% da DQO total do esgoto bruto.

Biofiltros como pós-tratamento de tanques sépticos e preenchidos com materiais alternativos (tampas de polietileno e cascas de ostras) foram estudados por Magri, Sezerino e Philippi (2007) para o tratamento de esgoto doméstico. Para valores médios de entrada de 309 mgDQO/L e carga orgânica volumétrica de 0,8 kgDQO/m³.d, as eficiências dos biofiltros estudados por Magri, Sezerino e Philippi (2007) variaram de 62% de remoção de DQO para o biofiltro preenchido com tampas PET e 94% de remoção de DQO no biofiltro preenchido com casca de ostras. Além da eficiência de remoção de DQO mais elevada, o Biofiltro preenchido com casca de ostra apresentou-se mais eficiente na aderência de microrganismos, indicando menor desprendimento de biofilme, e elevada estabilidade em todos os processos de transformações bioquímicas e grande estabilidade de pH e alcalinidade (tamponamento).

Para o tratamento de efluentes vinícolas, Andreottola et al. (2005 b) utilizaram uma seqüência de dois reatores de leito fixo com biofilme (FBBR), sistema semelhante ao Biofiltro Aerado Submerso. O sistema era composto por peneiramento e tanque de equalização equipado com sonda de pH, neutralização, suprimento de ar e adição de nitrogênio e fósforo. O FBBR de primeiro estágio era dividido em dois reatores de 12,5 m³ em paralelo, seguidos de decantação (V= 3 m³), e o FBBR de segundo estágio com volume de 12,5 m³ seguido de um decantador de 8 m³. O material filtrante utilizado apresentava diâmetro de 11 cm, em polipropileno com densidade de 1,05 g/cm³ e área superficial de 140 m²/m³. As cargas, no primeiro reator, variaram entre 0,2 kgDQO/m³.d e 8,0 kgDQO/m³.d (média de 2,4 kgDQO/m³.d), e as eficiências de remoção de DQO entre 67% e 97%, obtendo uma média de 80% de remoção de DQO. Para o segundo reator, a carga de DQO aplicada variou de 0,2 kgDQO/m³.d a 4,5 kgDQO/m³.d (1,3 kgDQO/m³.d na média), obtendo em média 51% de remoção de DQO. Segundo os autores, a eficiência total do sistema alcançou 91% de remoção e não foi possível alcançar valores maiores de remoção, devido a fração não biodegradável da DQO solúvel.

3.5.4 Avaliação qualitativa da biomassa em sistemas biológicos

A presença de microfauna em um sistema biológico de tratamento pode dar indícios do funcionamento do processo, podendo servir de indicador biológico de condições específicas. A observação qualitativa e quantitativa da microfauna vem sendo realizada há anos no controle do processo de lodos ativados, e ainda hoje pode haver problemas durante os procedimentos de amostragem de lodo, contagem de microrganismos e emprego dos dados obtidos. Na análise qualitativa, observa-se a amostra para se conhecer o estado dos flocos, a presença de bactérias livres, sua mobilidade, e para identificar protozoários e metazoários. Somente em seguida, deve-se proceder a contagem dos microrganismos, seja ela total ou por grupos específicos (VAZOLLÉR et al., 1989).

O crescimento da fauna microbiana é fortemente influenciado pelos fatores ambientais, como por exemplo, valores de baixo pH e condições nutricionais inadequadas favorecem a proliferação de fungos filamentosos, que, no caso de lodos ativados, pode ocasionar o intumescimento do lodo e prejudicar a sedimentação. Desta forma, a presença ou ausência de determinadas espécies podem servir de indicadores de algumas situações, como, por exemplo, a presença de substâncias tóxicas dentro do tanque de aeração (VAZOLLÉR et al., 1989). O Quadro 2 (VAZOLLÉR, 1989 apud CETESB, 1997) apresenta os microrganismos indicadores das condições de depuração para

sistemas de lodos ativados, e o Quadro 3 (MADONI, 1994 apud CETESB, 1997) apresenta o desempenho de estações de tratamento, indicadas por grupos predominantes de microfauna.

<i>Microrganismos</i>	<i>Características do processo</i>
Predominância de flagelados e rizópodes	Lodo jovem, característica de início de operação, idade do lodo baixa
Predominância de flagelados	Deficiência de aeração, má depuração e sobrecarga orgânica
Predominância de ciliados pedunculados e livres	Boas condições de depuração
Predominância de filamentos	Intumescimento do lodo

Quadro 2: Microrganismos indicadores das condições de depuração. Adaptado de CETESB, 1997.

<i>Grupo dominante</i>	<i>Desempenho</i>	<i>Causas possíveis</i>
Pequenos flagelados	Fraco	Deficiência de aeração, devido a sobrecarga e presença de subprodutos da fermentação
Pequenos ciliados livre-natantes	Médio	Deficiência de aeração, baixo tempo de detenção hidráulico
Grandes ciliados livre-natantes	Médio	Choques devido à sobrecarga e deficiência de aeração
Ciliados predadores de flocos	Boa	-
Ciliados fixos e predadores de flocos	Boa	-
Ciliados fixos	Decrescendo	Fenômeno de transição
Pequenas amebas e flagelados	Muito fraco	Alta carga de compostos de difícil degradação
Amebas em teca	Boa	-

Quadro 3: Desempenho de estações de tratamento, indicadas por grupos dominantes da microfauna. Adaptado de CETESB, 1997.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são descritos os equipamentos e materiais utilizados, bem como os procedimentos experimentais para levantamento do fluxograma, obtenção dos dados de quantificação do uso da água, caracterização do efluente e as etapas para implantação do biorreator. Os dados de caracterização do efluente foram obtidos em dois períodos: caracterização durante a safra e caracterização na entressafra. As análises de caracterização durante o período da safra foram realizadas no Laboratório de Águas e Bebidas da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A (EPAGRI), Regional Videira. As análises de caracterização durante o período da entressafra, os ensaios experimentais com os Biofiltros e as análises correspondentes foram realizados no Laboratório de Experimentação e Microbiologia Ambiental (LEMA) da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC) - Campus Videira.

4.1 LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO E DESCRIÇÃO DA VINÍCOLA

A vinícola estudada está localizada no município de Iomerê - Santa Catarina – Brasil (latitude 27°00'15" sul; longitude 51°14'32" oeste; altitude 847 metros acima no nível do mar) na região do Alto Vale do Rio do Peixe (Figura 3).

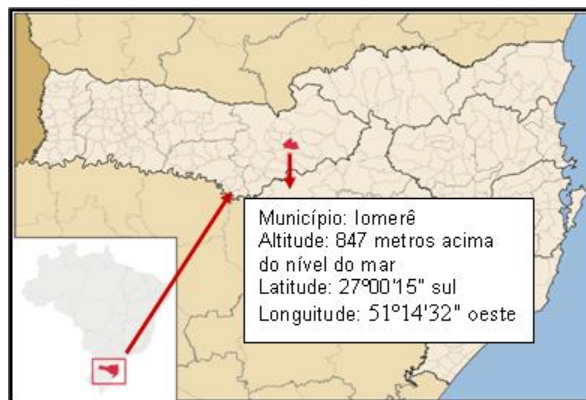


Figura 3: Localização Geográfica do município de Iomerê.
Adaptado de Wikipedia, 2008

Nesta região do estado de Santa Catarina, 32 vinícolas estão cadastradas no Sindicato do Vinho e são distribuídas em cinco municípios conforme apresentado na Tabela 6 (SINDIVINHO, 2007). No Anexo 1 estão detalhados alguns aspectos sobre a vinícola como área construída, uvas processadas e litros de vinhos produzidos em 2008.

Tabela 6: Distribuição por municípios das vinícolas cadastradas no SINDIVINHO.

MUNICÍPIO**	ÁREA TOTAL (KM ²)*	NÚMERO DE HABITANTES*	NÚMERO DE VINÍCOLAS**
IOMERÊ	111,60	2.553	1
PINHEIRO PRETO	66,60	2.719	18
SALTO VELOSO	101,80	3.903	1
TANGARÁ	422,0	8.749	3
VIDEIRA	377,80	41.455	9
TOTAL	1.079,8	59.379	32

*Dados obtidos em <www.sc.gov.br/conteudo/municipios>, Acesso em 02 dez 2007. **Dados fornecidos por SINDIVINHO, 2007.

4.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO E IDENTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS PELA ATIVIDADE VINÍCOLA

Tendo em conta a diversidade entre os procedimentos utilizados por cada vinícola, os processos produtivos para obtenção do vinho foram acompanhados ao longo de todo o estudo, com a finalidade de obter um fluxograma que descrevesse a rota produtiva e de uso da água na vinícola. Durante o acompanhamento das atividades, foram observadas as entradas e saídas do processo, bem como foram realizadas quantificações teóricas do total de resíduos produzidos, para que medidas de minimização de resíduos pudessem ser sugeridas para essa empresa. Algumas informações quantitativas a cerca do processo produtivo foram obtidas através de questionário aplicado ao gerente da empresa (Apêndice I).

4.3 AVALIAÇÃO DO USO DE ÁGUA

A água utilizada na vinícola é proveniente de poço artesiano, passa por um filtro de areia antes de ser armazenada em um reservatório e ir para o consumo. Para tornar conhecido o

volume de água utilizado pela vinícola, foi instalado um hidrômetro da Marca LAO, número de série E89L007042, com vazão nominal de $10\text{m}^3/\text{h}$ e vazão mínima de $0,4\text{m}^3/\text{h}$, aferido pela Companhia Estadual de Saneamento (CASAN). A instalação do hidrômetro foi realizada em 28 de janeiro de 2008, na saída do reservatório. (Figura 4).

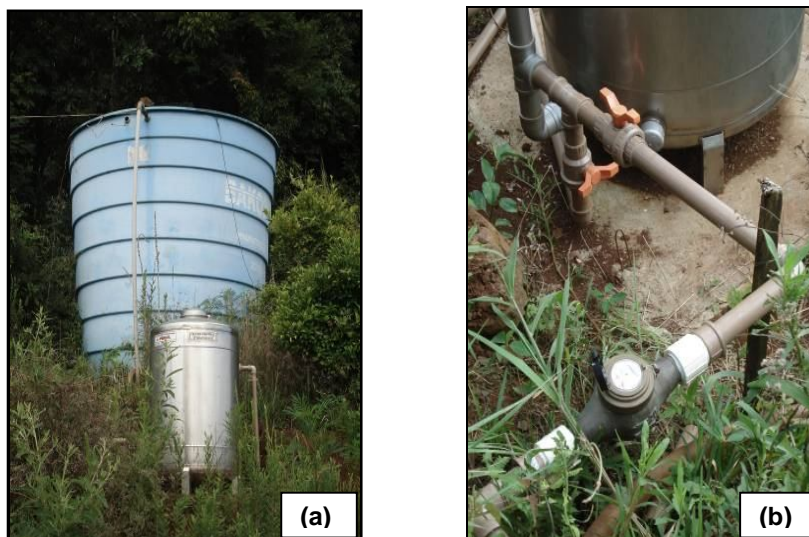


Figura 4: (a) Vista frontal do reservatório e filtro de areia. (b) Hidrômetro na saída do reservatório.

A leitura do hidrômetro era realizada nos dias da semana em que eram feitas as coletas pontuais do efluente, entre 10 e 11 horas da manhã, e, a cada hora, no dia em que eram realizadas as amostragens compostas. Para que fosse possível realizar a correlação entre as atividades realizadas na vinícola e o consumo de água, as atividades que estavam sendo realizadas entre as anotações de leitura dos hidrômetros foram registradas por um funcionário da vinícola.

Em 11 de agosto de 2008, foram instalados dois hidrômetros, um da Marca Iguassu (vazão nominal de $3,5\text{ m}^3/\text{h}$ e vazão mínima de $0,07\text{ m}^3/\text{h}$) e outro da Marca ABB (vazão nominal de $1,5\text{ m}^3/\text{h}$ e vazão mínima de $0,03\text{m}^3/\text{h}$). Estes hidrômetros permitiram a medição diária do volume de água gasto pelo equipamento de lavagem e engarrafamento de garrafas de 750 mL e pelo equipamento que efetua a lavagem de garrafões usados. Juntamente ao volume gasto, era anotada a quantidade de garrafas e garrafões lavados naquele dia.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO NOS PERÍODOS DE SAFRA E ENTRESSAFRA

A vinícola escolhida possui duas linhas de produção de efluentes, conforme pode ser observado na Figura 5. A Figura 5(a) mostra o tanque de recebimento da linha de efluente gerada durante a produção do vinho nas atividades de desengace, esmagamento, trasfega, lavagens de pipas, de filtros e de prensas e do uso do laboratório. A Figura 5(b) apresenta o local do recebimento da linha de efluentes gerados nas atividades de lavagem de garrafas e garrafões, e engarrafamento. Após a passagem por esses tanques, o efluente é encaminhado para um afluente do Rio do Peixe.

Para efetuar a caracterização do efluente vinícola, as coletas foram efetuadas no Ponto A (durante a safra e durante a entressafra) e no Ponto B (durante a entressafra). A caracterização do efluente da vinícola no Ponto A deu-se por meio de três procedimentos, conforme pode ser visualizado na Figura 6.



Figura 5: Pontos de recebimento do efluente gerado pela vinícola. (a) Detalhe do Ponto A: efluente do processo produtivo. (b) Detalhe do Ponto B: efluente das operações de lavagem de vasilhames.

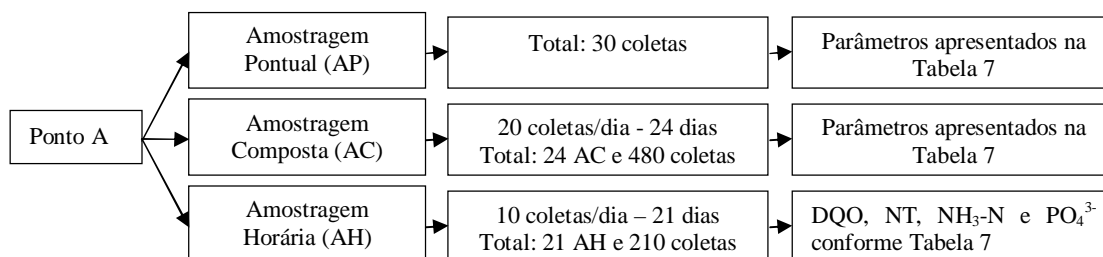


Figura 6: Procedimento amostral utilizado para caracterização do efluente vinícola.

4.4.1 Amostragem Pontual

Para efetuar a caracterização pontual do efluente vinícola durante o período da safra da uva (28 de janeiro de 2008 a 20 de março de 2008), foram realizadas duas coletas semanais, cumprindo um total de 8 semanas e 17 amostras durante esse período. Para o período de entressafra, essa amostragem foi realizada com intervalo maior entre as coletas (quinzenal). A coleta pontual era efetuada às 10 da manhã, quando se procedia a medição da vazão (com auxílio de béquer e cronômetro), aferição de temperatura do ar e do líquido, e a coleta de 2 litros do efluente para a realização das análises. O ponto A de coleta pode ser visualizado na Figura 7.

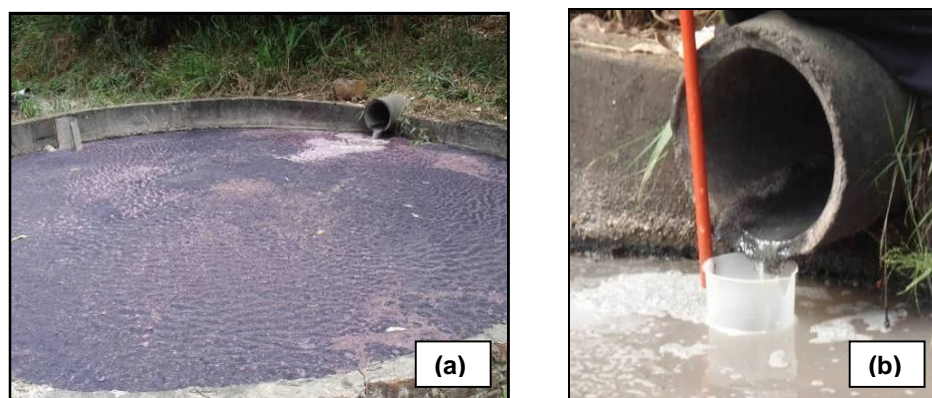


Figura 7: Ponto A de coleta de amostras. (a) Vista frontal do Ponto A de coleta. (b) Detalhe da tubulação do Ponto A de coleta.

As amostras coletadas foram armazenadas em frascos de vidro âmbar e mantidas em uma caixa de isopor, sendo então levadas para a realização das análises dos parâmetros descritos na Tabela 7, onde encontram-se também as respectivas metodologias. Quando necessário, as amostras foram preservadas, de acordo com a necessidade de cada análise, segundo as preconizações constantes no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* – APHA (2005). A maior parte das análises foi realizada através do espectrofotômetro HACH® - modelo DR 2800.

Os parâmetros foram escolhidos tendo por base a Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005) no que se refere a qualidade do efluente industrial e de acordo com as recomendações da EPA.

Para a caracterização do efluente proveniente da lavagem das garrafas e do engarrafamento, referente ao Ponto B de coleta, foi efetuada quinzenalmente somente a coleta pontual, devido a impossibilidade de se medir a vazão do efluente.

Tabela 7: Parâmetros avaliados e metodologia utilizada.

Parâmetro	Metodologia analítica	Unidade
pH	Direto, Potenciométrico, pHmetro Gekaha 1800	-----
Cor	Standard Methods (APHA, 2005), Platinum-Cobalt Method	mg/L
Alcalinidade	Método Titulométrico (APHA, 1998)	mg/L
Sólidos em suspensão totais (TSS)	HACH – Método 8006, Photometric Method	mg/L
DQO	Standard Methods (APHA, 2005), Closed Reflux	mg/L
Nitrogênio Total	Standard Methods (APHA, 2005), Persulfate Method	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	KIT HACH – Método 10031, Salicylate Method	mg/L
Nitrogênio Nitrito	KIT HACH – Método 8507, Diazotization Method	mg/L
Nitrogênio Nitrato	Standard Methods (APHA, 2005), Cadmium Reduction Method	mg/L
Fósforo Reativo	Standard Methods (APHA, 2005), Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method	mg/L
Sulfato	Standard Methods (APHA, 2005), Turbidimetric Method	mg/L
Ferro Total	Standard Methods (APHA, 2005), Phenantroline Method	mg/L
Cobre Total	KIT HACH (apud Nakano, S.; Yakugaku Zasshi, 1962), Bicinchoninate Method	mg/L
Zinco Total	Standard Methods (APHA, 2005), Zincon Method	mg/L

4.4.2 Amostragem Composta

Com o objetivo de quantificar a carga orgânica gerada durante os dias de produção, foram realizadas campanhas de amostragens compostas durante o estudo, procurando caracterizar períodos distintos, conforme segue:

- (a) Sete campanhas durante a safra: 11/02, 21/02, 03/03, 06/03, 11/03, 14/03, 18/03;
- (b) Dezesete campanhas durante a entressafra: 11/04, 23/04, 06/05, 14/05, 03/06, 17/06, 10/07, 29/07, 08/08, 21/08, 28/08, 01/09, 11/09, 17/09, 22/10, 14/11, 02/12.

As coletas foram realizadas da seguinte forma: em períodos de 30 em 30 minutos, entre às 8h e 18h, procedeu-se a medida da vazão instantânea e coletou-se uma alíquota referente a 20% do volume acumulado em 10 segundos. Estas alíquotas foram acondicionadas em um mesmo recipiente, representando, assim, a amostra composta. Ao final do dia, esse recipiente foi

homogeneizado e levado para o laboratório, para que a caracterização fosse efetuada segundo os parâmetros citados na Tabela 7.

No período da entressafra, duas amostras de efluente vinícola foram levadas à Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (Laboratório Integrado do Meio Ambiente, do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental) para a avaliação dos valores de DBO pelo método Manométrico em base agitadora HACH, (modelo BOD - TRACK. SM 5210 D. APHA, 1998). Uma das amostras avaliada foi o efluente bruto e outra o efluente bruto enriquecido de nutrientes para suprir o balanço nutricional C/N/P =100/5/1.

4.4.3 Amostragem Horária

Para os efluentes gerados na área produtiva (Ponto A), uma alíquota de 250 mL do efluente foi coletada de hora em hora, entre às 8h30 e 17h30, totalizando 10 amostras por dia. Estas amostras foram acondicionadas em diferentes frascos, para que se pudesse obter um perfil horário de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Total (NT), Nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) e Fósforo reativo (PO_4^{3-}). Foram realizadas 7 campanhas de coleta horária durante o período da safra e 14 campanhas de coleta horária durante o período da entressafra, concomitantemente com a amostragem composta.

4.5 BIOFILTRO AERADO SUBMERSO

Para os ensaios de tratabilidade foi utilizado um reator de biomassa fixa – Biofiltro Aerado Submerso (BAS) – de fluxo ascendente, em escala laboratorial, com volume 5 litros. As dimensões do filtro, construído em vidro, eram de 150 mm de diâmetro e 400 mm de altura (Figura 8), seguido por um reservatório de acumulação. Foram testados dois reatores, um dos quais foi alimentado com o efluente coletado durante o período da safra (BAS 1) e o outro, com o efluente coletado durante o período da entressafra (BAS 2).

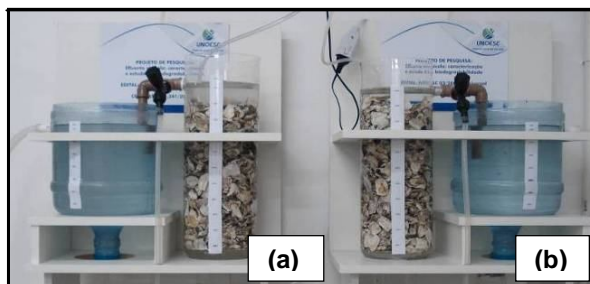


Figura 8: Biofiltros montados em escala laboratorial durante testes hidráulicos. (a) BAS 2 – Entressaфра, (b) BAS 1 – Saфра.

Na Figura 9, podem ser visualizados a placa utilizada como fundo falso, as pedras utilizadas para a distribuição da aeração e a canaleta de coleta.

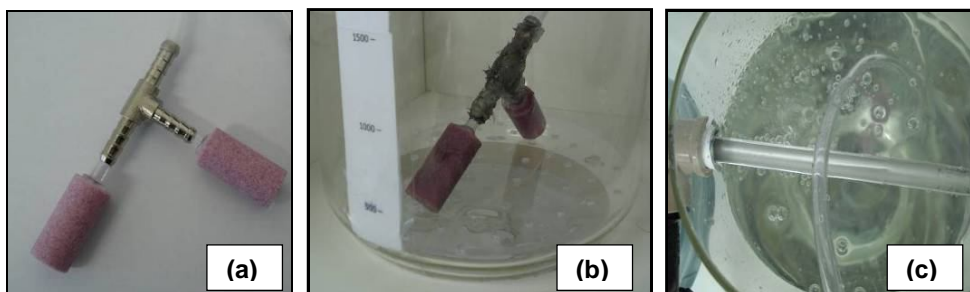


Figura 9: Montagem do reator: detalhe (a) aeradores, (b) aerador e fundo falso e (c) canaleta de coleta do efluente.

A aeração dos reatores foi feita com aeradores de aquário modelo Vigo Ar 300, com vazão de 2000 cm³/min em cada saída. No Período 1 foi utilizado um aerador para alimentar simultaneamente os dois reatores em paralelo. No Período 2 e 3, passou-se a utilizar um aerador para cada reator, no sentido de elevar a concentração de oxigênio dissolvido. A eficiência do sistema de aeração foi acompanhada através de medidas de OD na superfície do líquido dos reatores, utilizando-se um oxímetro digital Hach HQ40d Meter.

4.5.1 Material filtrante

Como material filtrante para os reatores foram utilizadas conchas oriundas da ostreicultura, cedidas por maricultores da Região Sul de Florianópolis-SC. Optou-se por este material devido aos bons resultados apresentados por Magri, Sezerino e Phillipi (2007) e, devido à possibilidade do fornecimento de alcalinidade ao efluente, dispensando, assim, a correção de pH na alimentação dos reatores. Essas conchas, que mediam em torno de 10 a 15 centímetros de comprimento, foram lavadas e trituradas em fragmentos que variaram entre 2 e 3 centímetros, conforme a Figura 10. Essas conchas foram pesadas antes de colocadas no reator.



Figura 10: Representação esquemática da escolha de conchas entre os tamanhos 2 e 3 cm.

O volume útil do reator foi definido através do deslocamento do líquido, utilizando o seguinte procedimento: o material suporte foi colocado no reator preenchido com água (5 litros) e o volume de água deslocado para fora do reator (após a colocação do material) representava o volume ocupado pelo meio filtrante. A diferença entre o volume total do reator e o volume deslocado pelo meio suporte corresponde ao volume útil do reator, ou seja, o espaço de vazios, que neste estudo foi de 80% (Tabela 8).

Tabela 8: Detalhamento de volume dos reatores, do material filtrante e volume útil.

	BAS 1 - Safra	BAS 2 - Entressafra
Volume do Reator	5.500 mL	5.500 mL
Peso das conchas	2.400 g	2.400 g
Volume Deslocado pelas conchas	1.100 mL	1.100 mL
Volume útil (volume de vazios - porosidade)	4.400 mL	4.450 mL

4.5.2 Efluente para Alimentação dos Reatores

A alimentação dos reatores foi realizada durante 15 semanas. O estudo foi dividido em 3 períodos de 5 semanas cada, sendo que a cada semana foi utilizado o mesmo efluente (lote) preparado no primeiro dia. Esse período de estudo foi definido com base na duração média de uma safra, com objetivo de verificar o comportamento do BAS neste intervalo de tempo.

O efluente utilizado no BAS 1 (safra) foi coletado durante 2 dias normais de produção da vinícola durante a safra. Após esse procedimento o efluente foi congelado em um freezer CONSUL 550 litros a -10°C . O BAS 2 foi alimentado com o efluente coletado durante as amostragens compostas realizadas no período da entressafra e utilizado na mesma semana, sem refrigeração.

A cada semana preparava-se um lote de volume suficiente para alimentar o reator durante 6 dias (3,4 litros por dia). Os lotes eram caracterizados através de DQO, NT e PO_4^{3-} e adicionavam-se N e P para se obter uma relação $\text{DBO}_5/\text{N}/\text{P} = 100/5/1$ na forma de cloreto de amônio (NH_4Cl) e fosfato de potássio bibásico (K_2HPO_4). A DBO foi estimada através da relação DBO/DQO de 0,5 para efluentes de vinícolas apresentada por Canler et al. (1998 apud BOLZONELLA et al., 2007) e por Andreottola et al. (2005) e Vlyssides et al. (2005). Portanto, a cada lote, a adição de nutrientes era diferenciada, sendo influenciada pela quantidade de matéria orgânica (DQO) presente no efluente.

A alimentação dos reatores era feita após agitação e sedimentação dos sólidos grosseiros. O volume de troca diário foi de 3,4 litros de efluente. O efluente era introduzido no reator abaixo de um fundo falso, com perfurações e localizado a cinco centímetros do fundo real. O efluente ascendia através do material filtrante, sendo coletado em uma canaleta localizada a 5 cm da borda superior. O biofiltro foi alimentado de forma contínua e descontínua, em três diferentes períodos, conforme pode ser visualizado na Tabela 9. O material filtrante foi o mesmo desde o início do experimento e não tendo sido realizadas descargas de fundo ou lavagens do material filtrante. O tempo de detenção nos reatores foi igual a 24 horas para todos os Períodos.

Tabela 9: Formas de alimentação utilizadas no BAS 1 e BAS 2.

Datas (2008)	Período	Fluxo	Alimentação	Cargas Orgânicas (kgDQO/m ³ .dia)
17/08 a 19/09	Período 1 Lote 1 a 5	Descontínuo (Figura 11)	2 vezes ao dia de 1.700mL	BAS 1: 3 a 6 BAS 2: 3 a 15
21/09 a 24/10	Período 2 Lote 6 a 10	Descontínuo (Figura 11)	2 vezes ao dia de 1.700mL	BAS 1: 2 a 4,5 BAS 2: 1 a 4
26/10 a 28/11	Período 3 Lote 11 a 15	Contínuo (Figura 12)	2,35 mL/min, 3.400 mL ao dia	BAS 1: 0,5 a 4,5 BAS 2: 0,5 a 3,5

Para a alimentação descontínua (períodos 1 e 2), os reservatórios de alimentação dos reatores foram colocados em cota superior ao reator, e foram conectados ao fundo com mangueiras flexíveis com controlador de vazão. Os reatores foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h e às 20h, com um volume de 1,7 L ao longo do período de uma hora (Figura 11). A alimentação em fluxo contínuo (Período 3) foi obtida através de uma bomba peristáltica Marca Milan, modelo BG200 (Figura 12) que alimentava o reator continuamente com uma vazão de 2,35 mL/min.



Figura 11: Esquema de alimentação durante os testes hidráulicos e para o período de fluxo descontínuo. (a) BAS 2 – Entressafra, (b) BAS 1 – Safra.



Figura 12: Esquema de alimentação durante o período de fluxo contínuo. (a) BAS 2 – Entressafra, (b) BAS 1 – Safra.

4.5.3 Acompanhamento do Biofiltro Aerado Submerso

Diariamente, às 8h, 14h e 20 h, era retirado um volume de 50 mL da superfície de cada reator e eram lidos e anotados os valores de pH e temperatura do reator. Os valores de oxigênio dissolvido começaram a ser lidos nestes três horários a partir de 15 de setembro de 2008, ou seja, último lote do Período 1. A eficiência do sistema de aeração foi acompanhada através de medidas de OD na superfície do líquido dos reatores, utilizando-se um oxímetro digital (Hach HQ40d Meter).

Para o acompanhamento dos parâmetros físico-químicos, uma alíquota era retirada durante a alimentação dos reatores e três vezes por semana (segunda-feira, quarta-feira, sexta-feira) eram realizadas análises para a avaliação dos seguintes parâmetros: pH, alcalinidade, cor

aparente, cor verdadeira, DQO, PO_4^{3-} , N-NT, N-NH₃, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, SO₄⁻ (Tabela 7). A saída de cada lote era analisada 3 vezes por semana (lote), resultando em um total de 15 análises por período avaliado. Uma vez por semana, foram avaliados os valores de ferro, cobre e zinco total.

Os resultados obtidos durante o acompanhamento dos reatores 1 e 2, trabalhando sobre as mesmas condições operacionais, com carregamentos diferentes por se tratarem de efluentes da safra e da entressafra, foram avaliados utilizando-se da estatística descritiva, com o auxílio das ferramentas estatísticas do *software EXCEL* (Office, 2007). Os resultados foram expressos por uma média aritmética, mediana, desvio padrão, o valor máximo e mínimo e gráficos de comportamento das variáveis em função do tempo. Foi utilizada também a Análise Inferencial (ANOVA), para verificar a existência de diferenças significativas entre o tratamento dos reatores para safra e entressafra, de forma a indicar a necessidade de mudanças operacionais em um destes períodos. Este teste de hipóteses, avalia se os grupos (tratamentos) apresentam médias iguais ou diferentes. Existem duas hipóteses: H₀: as médias são iguais, isto é, não há diferença entre os tratamentos e H₁: as médias são diferentes, ou seja, há diferença entre os tratamentos. Portanto, o objetivo do teste é determinar a probabilidade que permite aceitar ou rejeitar H₀. No presente estudo, o teste de variância ANOVA foi aplicado com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

4.5.4 Avaliação Qualitativa da Microbiota ao final do Experimento

No dia 03 de dezembro de 2008 os biofiltros foram desmontados com o objetivo de avaliar qualitativamente a microbiota existente, na tentativa de correlacionar com dados de eficiência obtidos e verificar a adesão do biofilme. O primeiro passo foi a retirada lenta do efluente através da saída de fundo (este efluente foi reservado para a utilização na etapa posterior). Após a retirada, a coluna preenchida com material filtrante foi dividida, em sua altura, em três estratos de 10 centímetros cada um (Figura 13).

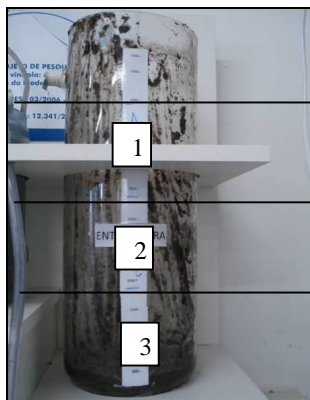


Figura 13: Esquema mostrando a separação do leito filtrante por estratos para avaliação microbiológica.

Foi realizada a retirada manual do material suporte de cada estrato e colocado em béqueres identificados (Figura 14). No total foram obtidos três estratos para o BAS 1 (4,5,6) e três estratos do BAS 2 (1,2,3). Após a separação dos estratos, foi avaliada a fixação do biofilme nas conchas através de contato manual e observação visual. Em seguida as conchas foram lavadas com o líquido do reator e o biofilme desprendido recolhido em béqueres. A adesão relativa do biofilme foi feita comparando-se a sua resistência ao descolamento sob um jato d'água. Na Figura 14 é possível visualizar o aspecto do biofilme após seu desprendimento do material filtrante. O conteúdo dos béqueres foi homogeneizado, o líquido foi separado e a avaliação microbiológica foi realizada no mesmo dia com o auxílio de um microscópio óptico avaliando-se três laminas de cada estrato, em que, para cada lâmina foi retirada uma gota de amostra *in vivo*.

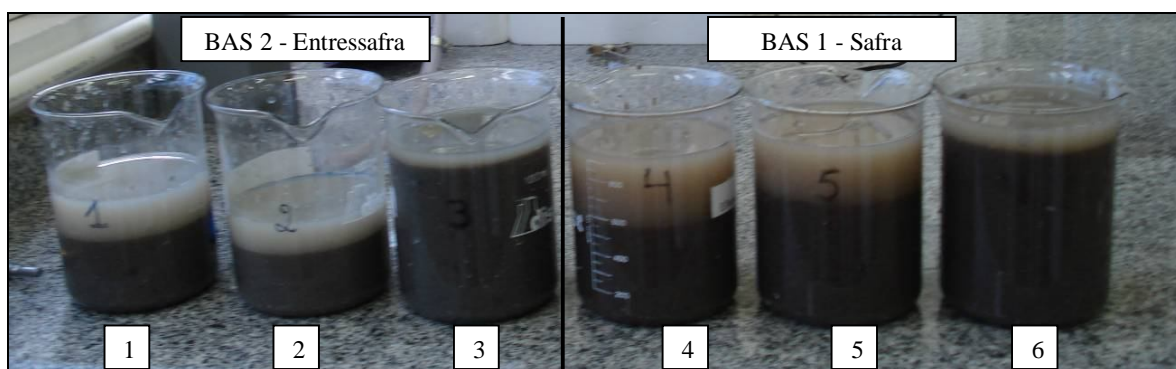


Figura 14: Estratos de biofilme após seu desprendimento do meio suporte.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES E IDENTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

Em 2008 a vinícola escolhida para o estudo processou 2.332.380 quilos de uva, 25 % desta quantidade referente às uvas brancas e 75 % às uvas tintas. Estas uvas eram provenientes de localidades próximas ou trazidas do estado do Rio Grande do Sul. No ano de 2008, a vinícola movimentou 5.075.023 litros de vinho. Parte deste volume se refere aos vinhos produzidos em 2007 e 2008, e outra parte, corresponde ao vinho que a vinícola comprou de outras vinícolas e comercializou a granel (em caminhões pipa). No Anexo 1 é possível visualizar as qualidades de uva processadas e a forma como os volumes de vinho foram comercializados em 2008.

Para produção do vinho, uvas maduras recebidas pela cantina em caixas plásticas de 20 quilos, são pesadas e tem seu teor de açúcar (grau Babo) determinado em laboratório, para posterior correção do mosto. Em seguida, a uva é desengaçada, moída e recebe uma dose de SO₂ (anidro sulfuroso: 7 g/hL para vinho branco e 5 g/hL para vinho tinto) antes de ser bombeada para a pipa de fermentação. Os engaços, mecanicamente separados e retirados durante o desengace, são encaminhados para disposição no campo.

No início da fermentação alcoólica é feita a correção do açúcar do mosto (se necessário) e a adição de leveduras selecionadas e enzimas pectolíticas. No vinho branco, a separação das cascas é feita antes da fermentação, e para o vinho tinto, as cascas são separadas no final da fermentação alcoólica, que dura de 1 a 2 dias para o vinho branco e de 3 a 5 dias para o vinho tinto. Para efetuar a separação das cascas (descuba), o mosto é levado por uma bomba até outra pipa (atividade chamada de extravasagem ou trasfega), e as cascas e sementes retiradas são prensadas mecanicamente e dispostas na lavoura. O mosto recebe mais uma dose de SO₂.

Depois de 10 dias do fim da fermentação alcoólica para o vinho branco e, em média, 20 dias para o vinho tinto, são realizadas as operações de segunda trasfega com a finalidade de separar a borra depositada no fundo da pipa. Ao final dessa etapa, é realizada a clarificação do vinho com a adição de bentonite, e depois é feita a estabilização tartárica através de frio

natural (inverno) ou artificial (resfriamento com serpentinas metálicas nas pipas de inox, onde circula uma solução de álcool e gelo). A filtração, etapa que segue a estabilização, é realizada com filtro de placas verticais (preenchido com terra de diatomácea) (Figura 15). No caso de vinhos suaves, é realizada, ainda a pasteurização. Após estas etapas, o vinho já pode seguir para o setor de engarrafamento e expedição. Dependendo da gestão de negócios da vinícola, após a primeira trasfega, o vinho fermentado pode ser reservado e os procedimentos de segunda trasfega, estabilização e filtração, programados para serem realizados durante o restante do ano.



Figura 15: Filtro de placas verticais preenchido com terra diatomácea utilizado na vinícola.

A atividade de filtração é realizada praticamente todos os dias. Segundo o enólogo responsável pela produção na vinícola, a quantidade mínima de terra diatomácea utilizada no filtro é de 10 kg para fazer a chamada pré-capa (revestimento das placas verticais) e a partir daí são utilizados 3 kg de terra diatomácea para cada 5.000 litros de vinho filtrado. Com base nestes valores, é possível estabelecer uma relação teórica entre a quantidade de vinhos produzidos e a quantidade de terra utilizada por mês. Considerando que são trabalhados 20 dias por mês, foi feita uma simulação de quantos quilos de terra de diatomácea foi utilizado em 2008 (Tabela 10), resultando em 6.045 kg. Este valor obtido é teórico e, em função das impurezas do vinho, a terra diatomácea pode ser trocada com maior frequência, aumentando, assim, a quantidade utilizada. Em 2008, a quantidade de terra diatomácea utilizada foi superior ao valor teórico, perfazendo um total de 7.600 kg de terra diatomácea que precisa ser disposta adequadamente após o seu uso. Após a filtragem, essa terra é separada e disposta em terreno da vinícola. Entretanto, mesmo com a separação, parte dela e dos resíduos que ela contém é levada junto com o efluente para a estação de tratamento.

Tabela 10: Cálculo teórico do gasto mensal e anual com terra de diatomácea:

	Total de vendas (litros)	Quantidade processada de vinho por dia (L/d)	Terra de diatomácea kg/dia (10 kg de pré capa por dia somados a 1 kg a cada 5 mil litros)	Terra diatomácea por mês
Janeiro	391.270,00	15.650,80	19,39	484,76
Fevereiro	444.471,00	17.778,84	20,67	516,68
Março	384.974,00	15.398,96	19,24	480,98
Abril	358.800,00	14.352,00	18,61	465,28
Mai	663.135,00	26.525,40	25,92	647,88
Junho	686.216,00	27.448,64	26,47	661,73
Julho	411.720,00	16.468,80	19,88	497,03
Agosto	250.637,00	10.025,48	16,02	400,38
Setembro	425.100,00	17.004,00	20,20	505,06
Outubro	163.350,00	6.534,00	13,92	348,01
Novembro	434.150,00	17.366,00	20,42	510,49
Dezembro	461.200,00	18.448,00	21,07	526,72
			Total teórico utilizado	6.045,01

Em um estudo realizado por Mello e Pawlowsky (2002) em uma indústria cervejeira, a terra de diatomácea utilizada foi avaliada e classificada como resíduo de classe 2 ou não inerte, de acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004). Na indústria cervejeira estudada, a produção do resíduo foi de 139.393 kg/ano e os autores sugeriram, como proposta de minimização, o envio desse subproduto para a fabricação de telhas e tijolos, já que esse material foi aprovado pela indústria cerâmica. No caso da terra diatomácea utilizada pela indústria vinícola, estudos mais aprofundados devem ser realizados, mas a possibilidade de reutilizar esse produto deve ser levada em consideração, não tendo como único fim a disposição no terreno ou em aterro sanitário.

Após a filtragem, o vinho pode ser encaminhado ao setor de engarrafamento. As embalagens utilizadas para o engarrafamento são de três tipos: embalagens PET novas, garrafas de vidro de 750 mL novas e garrafões usados de vidro de 4,5 L. Durante o ano de 2008 foram comprados, aproximadamente, 430.000 garrafões de 4,5 litros usados, 42.800 garrafas de 750 mL novas e 800.000 garrafas PET.

Para efetuar a limpeza das garrafas PET e das garrafas novas é utilizado apenas o enxágüe com água limpa, que é realizado em uma máquina que efetua a lavagem e em seguida o engarrafamento.

Para a lavagem dos garrafões usados é utilizada uma máquina que permite a lavagem com água quente e detergente, seguido de três enxágües com água limpa para evitar a

contaminação do vinho. A solução de água com detergente fica recirculando na máquina por cerca de 30 dias (sendo completada de água ou detergente conforme a necessidade) e, a água limpa após os enxágües é descartada. São utilizados, em média, 07 galões de 25 litros de Nerlik (detergente de média alcalinidade para máquinas de lavar garrafas na indústria de bebidas) a cada sessenta dias, ou seja, em média 42 galões por ano. Segundo especificações constantes no rótulo, este detergente é à base de soda cáustica e apresenta valor de pH igual a 12,5.

Após a lavagem, os garrafões passam por inspeção visual de um funcionário e aqueles que apresentam defeito ou alguma sujeira são retirados. Segundo informações obtidas junto à vinícola, perdem-se cerca de 10.000 garrafões por ano. Os garrafões retirados e os galões plásticos vazios, utilizados com detergente e/ou produtos enológicos, são armazenados e depois encaminhados para reciclagem.

A divisão da tubulação permite que a água utilizada na área mais limpa, onde ocorrem as atividades de lavagem de garrafas e garrafões e o engarrafamento, seja encaminhada para um sistema de tratamento (denominada Área de Lavagem) e, que a água da área com maior contaminação por resíduos, devido a realização de atividades com vinho, borra, bagaço e terras de filtração, seja encaminhada a outro sistema de tratamento (denominada Área Produtiva ou de Produção).

Os produtos mais vendidos podem ser visualizados no Figura 16 e com base neste foram estabelecidos os fluxogramas de produção do vinho tinto comum (Figura 18), vinho branco comum (Figura 19) e o processamento do vinho recebido a granel (Figura 17), com as respectivas entradas e saídas do processo. Quanto ao coquetel, seu processamento é semelhante ao do vinho tinto comum.

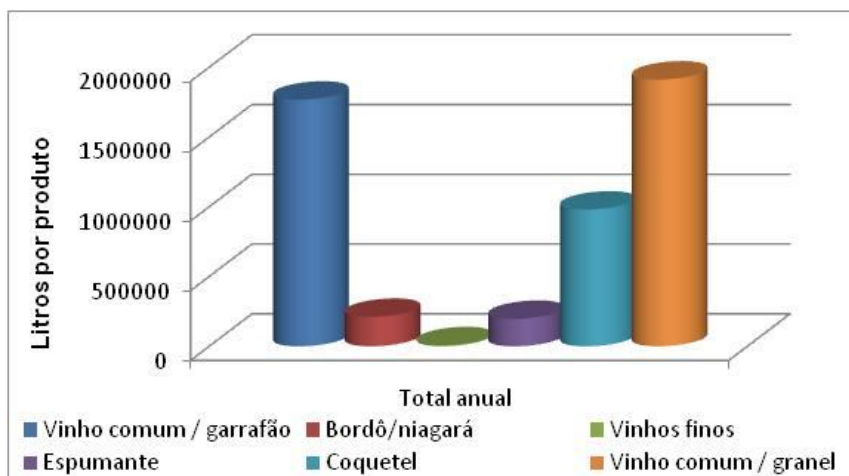


Figura 16: Linha de produtos comercializados em 2008 pela vinícola em estudo (litros).

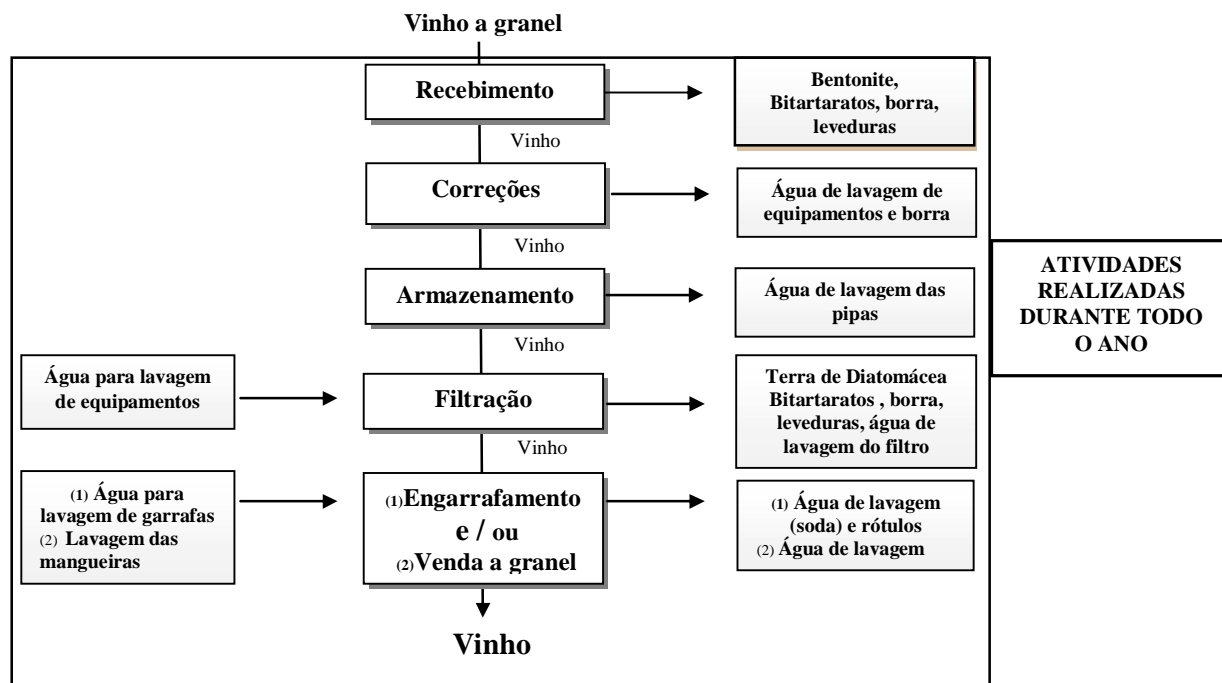


Figura 17: Fluxograma produtivo do vinho vendido a granel, com as respectivas entradas e saídas.

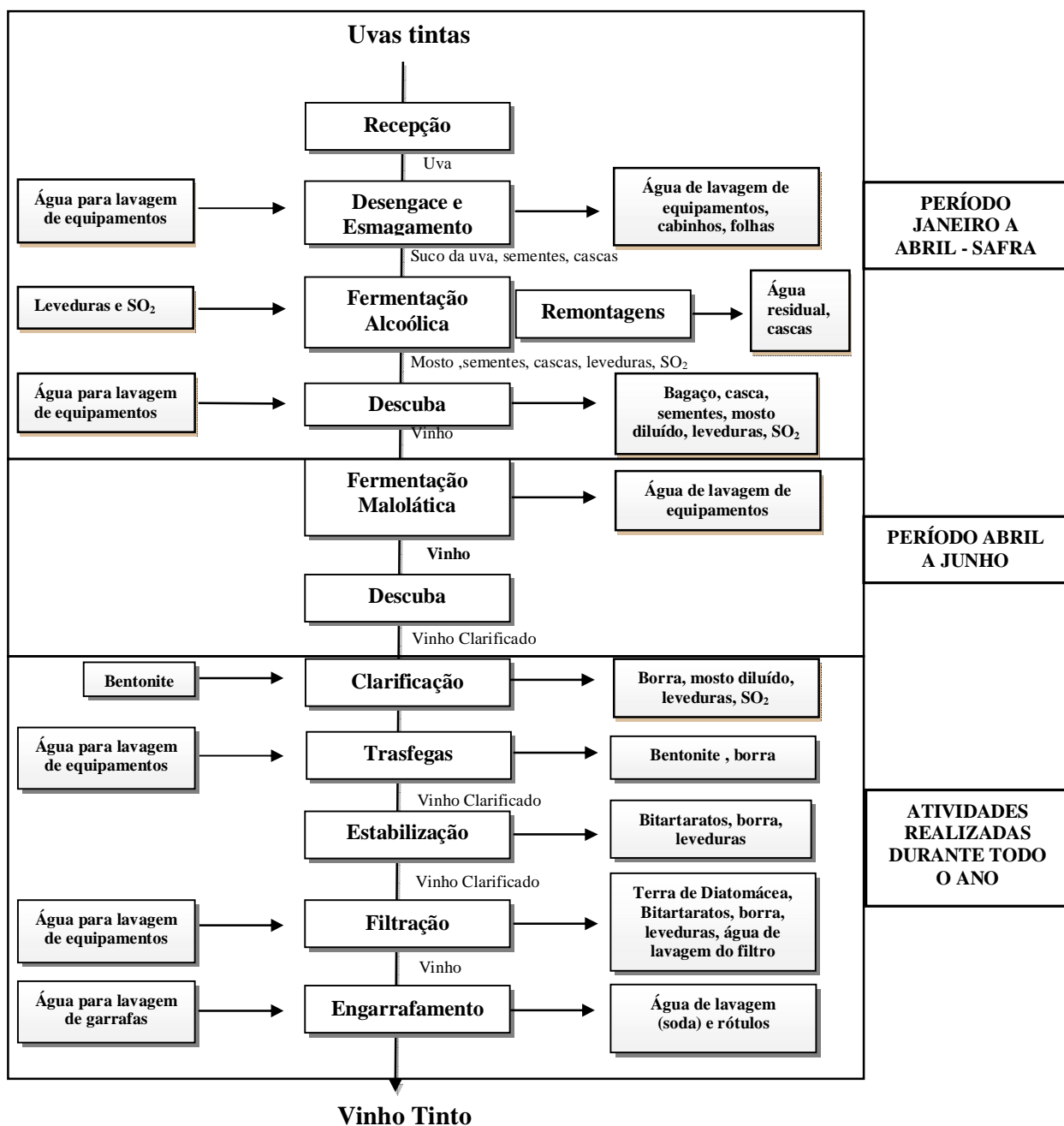


Figura 18: Fluxograma produtivo do vinho tinto vendido engarrafado, com as respectivas entradas e saídas.

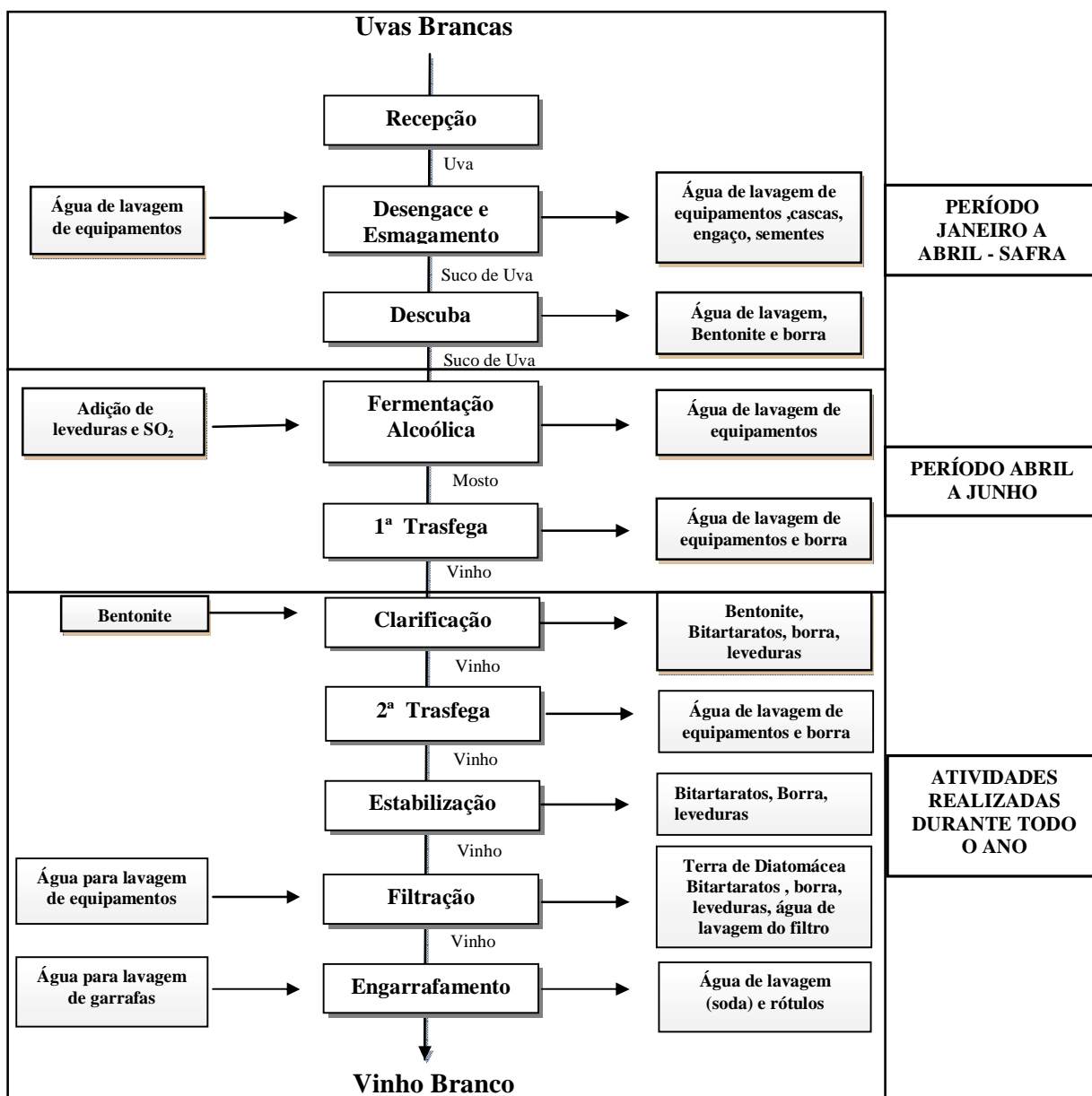


Figura 19: Fluxograma produtivo do vinho branco vendido engarrafado, com as respectivas entradas e saídas.

Verifica-se que nos fluxogramas do processo produtivos (Figura 17 a 19), os subprodutos gerados são praticamente os mesmos. As quantidades médias geradas de engaço, casca e semente em 2008 foram estimadas com base na relação entre o total de uva processada pela vinícola (ou seja, 2.332.380 kg de uva) e os valores médios sugeridos por Hashizume (1975). Para a estimativa da quantidade de bagaço, borra e sarro gerada, foram utilizados os valores médios de Costa e Belquior (1972 apud SILVA, 2003) e a quantidade de vinho produzido a

partir das uvas processadas (ou seja, 2.131.723 litros). A estimativa da quantidade de resíduos gerados pode ser observada na Tabela 11.

Tabela 11: Estimativa de valores médios dos subprodutos da vinificação.

Subprodutos gerados *	Valor médio gerado com base nas uvas processadas (kg)	Subprodutos gerados **	Valor médio gerado com base no vinho produzido
Engaços (2% a 5% da uva)	81.633	Bagaço (14,5 kg/hl)	309.099
Semente (2% a 5% da polpa)	78.776	Borra líquida (46 kg/hl)	98.059
Casca (6% a 12% da polpa)	202.567	Sarro (tartarato) (0,17kg/hl)	3.623

*Dados médios obtidos em HASHIZUME, 1975;

**Dados médios obtidos de Costa e Belquior (1972) apud Silva (2003).

No caso da vinícola em estudo, diferente do que foi afirmado por Silva (2003), o bagaço é apenas constituído das cascas e das sementes, pois o engaço é separado na etapa anterior (desengace). A atual destinação desses resíduos (engaço, bagaço e borra) é a disposição no solo (Figura 20). O sarro, chamado popularmente de grúpula, retirado das paredes das pipas é seco e vendido por R\$1,00/kg para uma empresa gaúcha. Em 2008, foram vendidos 2.100 kg desse produto.

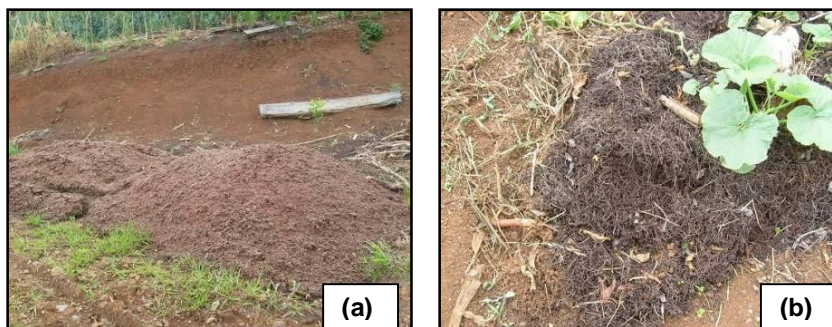


Figura 20: Disposição no solo: (a) bagaço e (b) engaço.

A disposição dos resíduos da viticultura, quando feita de maneira inadequada, pode afetar a qualidade do solo e prejudicar o seu uso. Um estudo, realizado no Vale do Rio São Francisco, verificou o uso de diferentes porcentagens de bagaço (engaço, semente e casca) associado à maniçoba para utilização como forrageira, durante as estações secas, para o rebanho caprino e bovino, muito comum na região (DANTAS et al., 2008). Embora Dantas et al (2008) tenha revelado o potencial desse resíduo como aditivo nas silagens de maniçoba, na região Meio

Oeste de Santa Catarina o maior rebanho existente é o suínico, em criação intensiva e a alimentação é feita com rações balanceadas de acordo com cada fase de vida do animal.

Segundo a BRASIL (2006), um uso possível do bagaço é a obtenção da graspa, bebida obtida a partir da fermentação e destilação do mosto obtido com bagaço de uva. No caso da vinícola em estudo, embora ela já possua capacidade instalada, ainda são precisos estudos mais aprofundados para avaliar a viabilidade econômica e o mercado consumidor desse novo produto.

Na Figura 21 é possível observar o bagaço que foi disposto no solo e a resistência a degradação das sementes do composto, que desta forma, fica acumulado em montes e não se incorpora ao solo. Existem empresas que utilizam a semente para a extração de óleo de uva. Segundo questionário aplicado a uma destas empresas (Rio Grande do Sul), constatou-se a existência de convênios de prestação de serviço em que as vinícolas entregam gratuitamente o bagaço na sede da empresa, arcando ainda com os custos de transporte. O bagaço da uva recebido passa pelo processo de separação das sementes na própria empresa. O bagaço separado é utilizado para a produção de ração animal, e as sementes para extração óleo e, o restante, para a produção de farinha.



Figura 21: Fotografia do bagaço após exposto ao tempo.

Quanto à borra do vinho, Silva (2003) afirma ser o subproduto mais valioso, pela possibilidade da recuperação do ácido tartárico, álcool, substâncias corantes e incorporação no solo como fertilizante orgânico. Atualmente esse resíduo é disposto ao solo, no entanto, essa disposição não leva em conta a quantidades necessárias para o solo da região, ou seja, não há critérios técnicos para o seu uso racional.

Para a vinícola em estudo, observou-se que o principal impedimento verificado para a utilização mais nobre desses resíduos é o desconhecimento de empresas com condições de processá-los na região, sendo que seria necessário encaminhar os resíduos para outras regiões, o que implicaria em custos com transporte. Soma-se a este o fato de que não existem custos diretos para a disposição dos resíduos da maneira como é feita atualmente.

5.2 AVALIAÇÃO DO USO DE ÁGUA E OPORTUNIDADES DE OTIMIZAÇÃO NO CONSUMO

A vinícola em estudo utilizou 1.641,6 m³ de água para o processamento de 2.332.380 kg de uva direcionadas à produção de vinhos tintos e brancos, ao longo da safra de 2008 (51 dias). No entanto, não é possível afirmar que esse montante foi utilizado somente no processamento da uva, pois, durante a safra 2008 foram realizadas as atividades de engarrafamento de vinhos que restaram da safra 2007.

O consumo médio mensal de água pela vinícola, durante o período da safra, foi de 807,3 m³. O consumo diário variou entre 10,8 m³/dia e 34,4 m³/dia (consumo médio de 24,3 m³/dia) e a variação horária foi de 0,1 m³/h a 7,5 m³/h. O volume médio de efluente gerado e medido no Ponto A foi de 7,8 m³/dia. Destaca-se que o efluente gerado no Ponto A não inclui a lavagem de vasilhames e o engarrafamento. A partir dos dados médios obtidos de consumo de água e de geração de efluente, pode-se inferir que o processamento da uva correspondeu a 30% do consumo total de água da vinícola durante a safra.

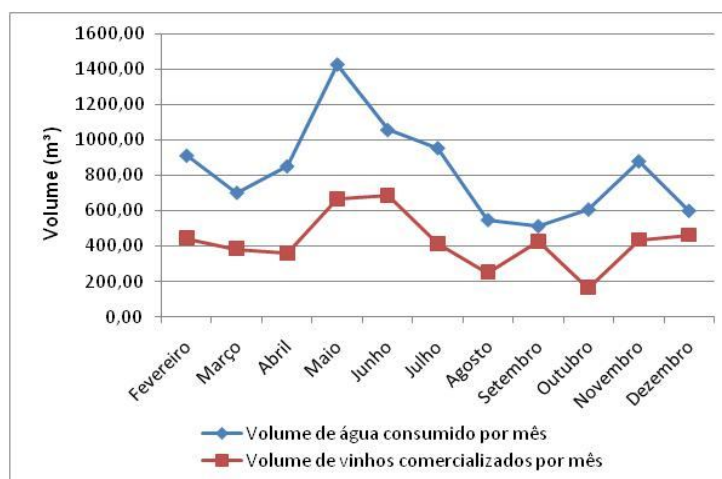
Como entressafra foi considerado o período após o término do recebimento das uvas (20 de março) até as férias de dezembro (dia 20 de dezembro). Nesse período, a vinícola utilizou 7416,2 m³ de água em seus processos, tendo uma variação de consumo mensal superior ao período da safra, 855 m³/mês. A variação horária do consumo da água pela vinícola foi de 0,0 m³/h a 10,4 m³/h e a variação diária foi de 10,8 m³/dia a 38,5 m³/dia (consumo médio de 24,4 m³/dia). O volume médio de efluente gerado no Ponto A foi de 10,4 m³/dia. A partir dos dados médios obtidos, pode-se inferir que as atividades produtivas corresponderam a 46% do consumo total de água da vinícola durante a entressafra. Na Tabela 12 estão resumidos os dados quantitativos de consumo de água na vinícola durante o período estudado.

Tabela 12: Resumo dos dados de consumo de água obtidos na vinícola estudada:

Período	Safra	Entressafra
	28 de janeiro a 19 de março	20 de março a 20 de dezembro
Consumo mensal médio (m ³)	807,3	855,0
Consumo mínimo diário (m ³)	10,8	10,8
Consumo médio diário (m ³)	24,3	24,4
Consumo máximo diário (m ³)	34,4	38,5
Consumo total (m³)	1641,6	7416,2

No período compreendido entre 28 de janeiro de 2008 a 20 de dezembro de 2008 (safra + entressafra), o consumo total de água pela vinícola foi igual a 9.057,8 m³. Ao relacionar esse valor de água consumida com a quantidade de vinho comercializado pela vinícola (5.075.023 litros), pode-se dizer que o consumo médio foi de 1,78 litros de água por litro de bebida produzida. Este valor encontra-se entre o valor médio de consumo encontrado na França, 2,9 litros/Litro de vinho e Israel, 0,5 litro/Litro de vinho (VAN DER LEEDEN, TROISE, TOLD, 1990 apud MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

Considerando o período total de estudo, a média de consumo mensal de água apresentado pela vinícola foi de 823,44 m³/mês. Na Figura 22 pode-se verificar a variação de consumo mensal, em que se destacam os meses de maio, com o maior consumo (1.427,60 m³) e o mês de setembro, com o menor consumo (513,50 m³). Ainda na Figura 22 observa-se o volume total de litros de vinhos comercializados mensalmente, em que as maiores vendas ocorreram em maio e junho (663,2 m³ de vinho e 686,2 m³ de vinho, respectivamente).

**Figura 22:** Variação do consumo mensal de água na vinícola estudada durante o período compreendido entre os meses de fevereiro a dezembro de 2008.

A água consumida na vinícola pode ser dividida em 6 categorias de consumo, apresentadas na Tabela 13, sendo estas categorias relacionadas com a área em que é utilizada e a destinação final desta água após o uso.

Tabela 13: Categorias de uso da água na vinícola e respectiva destinação final.

Categorias	Área	Destinação final
Água utilizada para lavagem de pipas, filtro, mangueiras e outros equipamentos	Produção	Ponto A de recebimento de efluentes
Água de lavagem de garrafas novas	Engarrafamento	Ponto B de recebimento de efluentes
Água de lavagem de garrafão	Lavagem de garrafões	Ponto B de recebimento de efluentes
Água para lavagem de pisos em todas as áreas	Produção, Engarrafamento e Lavagem	Ponto A ou B de recebimento de efluentes dependendo a área lavada
Água agregada ao produto (somente no caso do coquetel)	Produção	Incorporado ao produto
Água para consumo humano	-	Sistema fossa-filtro

Para estimar a quantidade de água utilizada de acordo com cada categoria, considerou-se o valor total obtido na leitura do hidrômetro, diminuído dos valores médios de água utilizada na área de engarrafamento e lavagem de garrafões, o volume incorporado ao coquetel, o volume correspondente ao uso em sanitários e a água para consumo humano (70L/operário.dia) (ORSINI, 1996 apud TSUTIYA, 2006). O restante foi considerado como sendo utilizado na área produtiva. Na Tabela 14 são apresentados os valores mínimos, máximos e médios e o desvio padrão obtido para o período total de acompanhamento da atividade vinícola. Nesta avaliação é considerado o consumo ocorrido na área de lavagem, o volume agregado aos coquetéis na área de produção, o consumo humano e o consumo para outras atividades na área de produção, este último obtido pela diferença entre o consumo total e a soma dos outros consumos.

Tabela 14: Estimativa dos volumes de consumo de água obtidos nas áreas da vinícola.

Formas de consumo	Mínimo (m³)	Média ± Desvio Padrão (m³)	Máximo (m³)
Área de engarrafamento	53,8	72,4 ± 9,8	88,8
Área de lavagem de garrafões	122,2	179,0 ± 31,7	240,5
Coquetel*	35,0	57,9 ± 14,3	80,5
Consumo Humano**	37,8	37,8	37,8
Área Produtiva***	104,0	499,5 ± 276,7	1075,4
Consumo total	513,5	808,4 ± 288,0	1427,6

*Insere-se na área produtiva, mas por ser agregado ao produto e não gerar efluente é considerado separadamente.

** Considerando 70 L/operário.d (ORSINI, 1996 apud TSUTIYA, 2006), 20 dias trabalhados por mês.

*** Obtido pela diferença entre o consumo total e os outros consumos.

A partir dos valores apresentados na Tabela 14, pode-se inferir que a área de produção correspondeu em média a 52,1% do consumo total de água pela vinícola. No entanto, se a participação da área produtiva no uso de água for determinado considerando-se o valor médio de efluente gerado (medidos no período de estudo), o valor de água utilizado na área produtiva pela vinícola diminuiu para 42,1% do total consumido. A diferença entre o valor estimado e o valor obtido a partir do efluente gerado, pode estar relacionada a perdas durante as operações de lavagem do piso, em que o efluente é encaminhado para a área externa da vinícola ao invés das canaletas do piso ou, também, pela forma de medição do efluente a que se tinha acesso. Os valores demonstram que são grandes as possibilidades de otimização do uso da água, atuando sobre os procedimentos operacionais e equipamentos de limpeza principalmente na área produtiva da vinícola. Na Figura 23 podem ser vistos os resultados obtidos com as leituras horárias do hidrômetro durante as amostragens compostas.

Durante os dias em que foram realizadas as amostragens compostas, a leitura do hidrômetro foi efetuada a cada hora, em um total de 192 medições válidas (foram desconsideradas as leituras das 12 horas a 13 horas por não haver consumo, e das 17 horas às 18 horas por número insuficiente de leituras). O consumo médio horário foi de 2,9 m³/hora (Figura 23), e para fins de análise das atividades com elevados consumos foram considerados os valores de consumos horários superiores ao valor médio. Consumos superiores a 2,9 m³/hora ocorreram em 43,2% das leituras realizadas e destacam-se os horários de 11 horas às 12 horas (3,2 m³), 14 horas às 15 horas (3,4 m³), 15 horas às 16 horas (3,3 m³) e das 16 horas às 17 horas (3,5 m³), por apresentarem consumo superior a 2,9 m³/hora.

Dentre os 83 horários que apresentaram valores acima de 2,9 m³/hora, a atividade de lavagem de garrafões e a atividade de filtração se repetiram 32 vezes, enquanto o engarrafamento repetiu-se 28 vezes. Embora na maioria das vezes essas atividades tenham ocorrido simultaneamente, o volume médio consumido na atividade de lavagem do filtro foi de 6,0 m³/h, na lavagem das pipas e do piso, 6,4 m³/h e 5,2 m³/h, respectivamente, e na lavagem da prensa seguida da lavagem do piso, 6,1 m³/h.

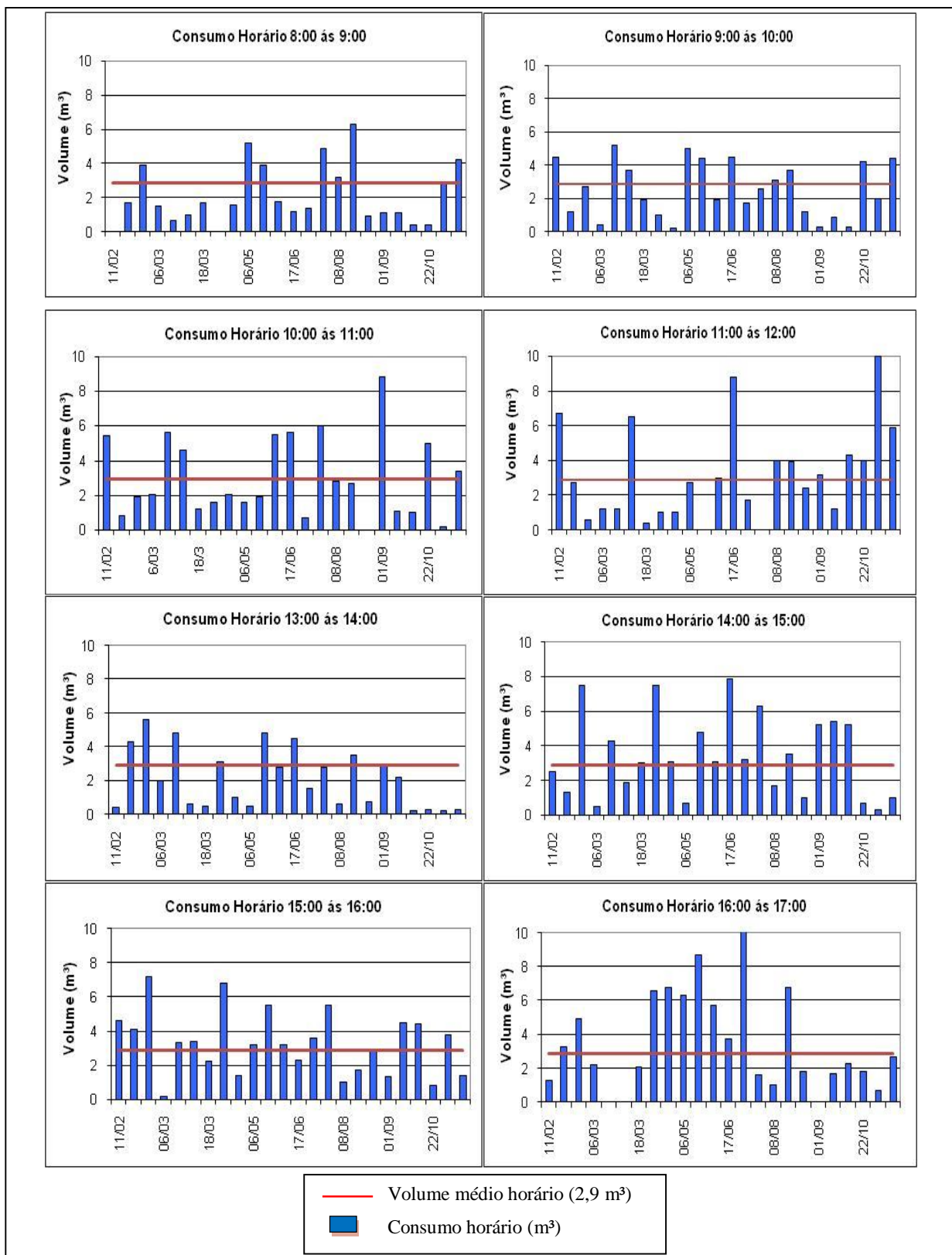


Figura 23: Consumo horário para os 24 dias avaliados* na vinícola no ano de 2008.

* Safra: 11/02 a 18/03; Entressafra: 19/03 a 03/12.

No que se refere às operações de limpeza de pisos, a área da vinícola destinada à lavagem de garrafas (136 m²) e manipulação e filtragem de vinhos (70 m²) é lavada todos os dias. Esta limpeza é realizada no mínimo uma vez ao dia (antes do encerramento das atividades diárias). Durante a safra é comum a presença de resíduos do processamento da uva (bagaço, borra) principalmente na área produtiva e, a limpeza é feita utilizando a força hídrica. Por este motivo, uma das atividades que deve ser incentivada é a limpeza inicial a seco dos resíduos sólidos, o que, além de reduzir o consumo de água, diminui o arraste de resíduos ao sistema de tratamento de efluentes (MIERZWA; HESPANHOL, 2005; MUSEE et al., 2005). A substituição dos equipamentos comuns de lavagem por equipamentos de alta pressão podem facilitar o processo da limpeza e reduzir o consumo de água (MIERZWA e HESPANHOL, 2005; MUSEE; LORENZEN; ALDRICH, 2005).

Quanto à atividade de lavagem de garrafas e garrafões, o consumo de água nas lavadoras de garrafas depende da tecnologia empregada. Lavadoras de garrafas mais modernas consomem menos quantidade de água, cerca de 0,5 hL/hL de volume nas garrafas, ou seja, 0,5 litros para cada garrafa de um litro, e em máquinas mais antigas esse valor pode estar em torno de 3 a 4 hL/ hL de volume nas garrafas (SANTOS, 2005). Na vinícola em estudo o equipamento de lavagem de garrafas novas de 750 mL é considerado novo e o equipamento para lavagem de garrafões de 4,5 litros é considerado antigo. No entanto, ambos os equipamentos apresentaram 1,2 hL água/hL de volume das garrafas.

Para redução do índice de consumo de água em indústrias de bebida, Santos (2005) cita algumas medidas que podem ser adotadas, como a instalação de válvulas automáticas que cortem o fluxo quando houver paradas por falta de energia, o uso de aspersores mais eficientes e o controle da pressão da água. Outra medida, citada pelo autor, seria a utilização do efluente da lavadora de garrafas em uma etapa anterior de pré-lavagem de garrafas, o que pode permitir redução de até 30 % do consumo.

A forma como esta feita a divisão da tubulação na vinícola estudada permite que os efluentes gerados em operações como lavagem de garrafas novas, que tendem a apresentar carga orgânica mais reduzida, possam ser utilizados em outras atividades desde que a possibilidade de contaminação do vinho fosse eliminada.

As principais ferramentas de prevenção a poluição, que tem em vista a redução do consumo de água, segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), são a eliminação do desperdício decorrente do mau funcionamento ou o uso inadequado de equipamentos e válvulas; a mudança de procedimentos operacionais; e treinamento e capacitação de operadores. No entanto, conforme Musee, Lorenzen e Aldrich (2005), a produção de vinhos é ainda mais arte do que ciência, sendo difícil programar mudanças na cadeia produtiva que se utilizem de tecnologias modernas de redução de consumo e de resíduos. Somado a este, existe o fato da vinícola em estudo não pagar pela água que utiliza, sendo difícil, portanto, desenvolver ações de redução de consumo que possam gerar algum custo para a empresa.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE VINÍCOLA

Neste item serão apresentados os resultados obtidos a partir das amostragens Pontual, Composta e Horária realizadas para caracterização do efluente vinícola no Ponto A (efluente da área produtiva) e Ponto B (efluente da área de Lavagem).

5.3.1 Amostragem Pontual e Amostragem Composta

A Tabela 15 apresenta o resumo estatístico dos parâmetros físico-químicos determinados para o efluente vinícola, a partir das amostragens Composta e Pontual, durante o período total do estudo.

Tabela 15: Resumo estatístico da Amostragem Pontual e Composta realizadas no efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008.

Parâmetros	Amostragem Pontual					Amostragem Composta				
	Mínimo	Mediana	Máximo	Média ± Desvio Padrão	N*	Mínimo	Mediana	Máximo	Média ± Desvio Padrão	N*
pH	3,42	4,95	7,68	5,28 ± 1,4	31	3,76	4,39	6,19	4,50 ± 0,56	24
Temp. (°C)	16,00	21,20	26,00	21,60 ± 3,05	31	14,00	22,00	32,00	21,93 ± 3,63	24
Alcalinidade mgCaCO ₃ /L	11,88	60,60	312,80	81,31 ± 58,41	31	2,10	55,40	180,40	60,38 ± 43,10	24
Cor Aparente (mg/L)	130,00	410,00	6.540,00	800,38 ± 1.257,40	28	215,00	331,00	4.796,00	4.796,00 ± 6.256,7	21
Cor Verdadeira (mg/L)	45,00	135,00	495,00	195,20 ± 146,05	28	120,00	399,00	980,00	411,10 ± 234,9	21
Turbidez (NTU)	8,00	29,50	104,90	34,58 ± 26,40	28	38,80	347,00	993,00	366,00 ± 245,5	21
DQO (mg/L)	280	4.880	24.900	6.949 ± 6.717	31	1.370	8.260	28.680	11.280 ± 7.642	24
NT (mg/L)	1,00	9,60	51,00	12,9 ± 12,5	31	3,20	11,00	39,00	15,42 ± 14,31	24
NH ₃ -N(mg/L)	0,00	0,70	7,30	1,02 ± 1,40	31	0,00	0,80	5,30	1,25 ± 1,30	24
NO ₂ -N(mg/L)	0,00	0,02	1,00	0,07 ± 0,18	31	0,00	0,04	1,11	0,12 ± 0,25	24
NO ₃ -N(mg/L)	0,00	1,10	8,40	1,88 ± 1,98	31	0,00	3,20	26,40	4,34 ± 5,32	24
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,60	7,60	29,60	9,39 ± 8,87	31	2,20	10,60	34,80	14,5 ± 9,9	24
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,00	4,00	57,00	9,68 ± 12,85	31	0,00	4,00	35,00	5,90 ± 7,70	24
Fe Total (mg/L)	0,18	1,28	7,06	1,94 ± 1,85	31	0,84	4,72	16,00	4,98 ± 3,58	24
Cu Total (mg/L)	0,00	0,07	1,01	0,20 ± 0,28	31	0,00	0,45	6,70	0,80 ± 1,48	24
Zn Total (mg/L)	0,00	0,18	1,03	0,23 ± 0,23	31	0,09	0,42	1,00	0,40 ± 0,25	24

*o índice N representa o número válido de amostragens. OBS.: os valores apresentados como zero correspondem a valores não detectáveis no método utilizado.

Os parâmetros físico-químicos determinados para o efluente vinícola, considerando separadamente os períodos de safra e entressafra representativos da Amostragem Composta, estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16: Resumo estatístico da Amostragem Composta realizada no efluente da área produtiva (Ponto A), para safra e entressafra durante o período de 28/01/2008 a 03/12/2008.

Amostragem Composta										
Parâmetros	Safra					Entressafra				
	Mínimo	Mediana	Máximo	Média ± Desvio Padrão	N*	Mínimo	Mediana	Máximo	Média ± Desvio Padrão	N*
pH	3,85	4,33	4,63	4,28 ± 0,29	7	3,76	4,43	6,19	4,50 ± 0,62	17
Temp. (°C)	20,00	23,00	32,00	24,20±2,90	70	14,00	20,00	30,00	20,70 ± 3,40	170
Alcalinidade mgCaCO ₃ /L	54,70	61,50	180,40	80,80±45,1	7	2,10	38,90	142,80	52,0 ± 4,4	17
DQO (mg/L)	5.200	9.090	22.300	10.649±5.664	7	1370	8260	28.680	11.540±8.467	17
NT (mg/L)	3,20	8,00	39,00	15,42±13,06	7	5,00	11,40	26,00	15,42±15,21	17
NH ₃ -N (mg/L)	0,09	2,50	5,30	2,28±1,68	7	0,00	0,70	2,80	1,96 ± 0,88	17
NO ₂ -N (mg/L)	0,01	0,03	0,09	0,04±0,03	7	0,00	0,04	1,11	0,14 ± 0,30	17
NO ₃ -N (mg/L)	0,60	1,90	9,60	3,51±3,27	7	0,00	3,2	26,4	4,68 ± 6,02	17
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	5,80	11,00	34,70	14,85±10,48	7	2,20	9,60	34,80	14,41 ± 10,1	17
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	2,00	10,00	35,00	12,85±11,63	7	0,00	4,00	7,00	3,00 ± 2,10	17
Fe Total (mg/L)	0,84	2,40	16,00	5,04 ± 5,73	7	1,30	5,00	7,76	4,96 ± 1,97	17
Cu Total (mg/L)	0,02	0,65	1,85	0,68 ± 0,22	7	0,00	0,30	6,74	0,87 ± 1,80	17
Zn Total (mg/L)	0,09	0,20	0,70	0,27 ± 0,22	7	0,12	0,46	1,00	0,47 ± 0,25	17

*o índice N representa o número válido de amostragens. OBS.: os valores apresentados como zero correspondem a valores não detectáveis no método utilizado.

Na Tabela 17, verificam-se os parâmetros físico-químicos determinados para o efluente vinícola para os períodos de safra e entressafra representativas da Amostragem Pontual.

Tabela 17: Resumo estatístico da Amostragem Pontual realizada no efluente da área produtiva (Ponto A), para safra e entressafra durante o período de 28/01/2008 a 03/12/2008.

Parâmetros	Amostragem Pontual									
	Safra					Entressafra				
	Mínimo	Mediana	Máximo	Média ± Desvio Padrão	N*	Mínimo	Mediana	Máximo	Média ± Desvio Padrão	N*
pH	3,42	4,8	7,68	5,12 ± 1,43	17	3,54	5,23	7,22	5,39 ± 1,41	14
Temp. (°C)	21,00	23,00	31,00	23,60 ± 3,90	17	16,00	21,20	26,00	21,60 ± 3,05	14
Alcalinidade mgCaCO ₃ /L	11,88	60,60	312,8	84,40 ± 70,85	17	26,25	69,09	153,75	77,56 ± 40,84	14
DQO (mg/L)	280	5.300	24.900	8.091 ± 7.583	17	348	3.250	17.810	5.561 ± 5.424	14
NT (mg/L)	1,80	13,00	125	18,55 ± 28,44	17	1,00	5,00	51,00	13,81 ± 16,92	14
NH ₃ -N (mg/L)	0,08	0,82	2,9	0,98 ± 0,84	17	0,00	0,55	7,30	1,15 ± 1,89	14
NO ₂ -N (mg/L)	0,002	0,01	0,23	0,038 ± 0,064	17	0,001	0,026	1,00	0,099 ± 0,261	14
NO ₃ -N (mg/L)	0,02	0,90	4,60	1,02 ± 0,97	17	0,00	2,05	8,40	2,99 ± 2,31	14
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,70	10,03	25,00	10,03 ± 9,28	17	0,60	3,45	29,60	7,40 ± 9,65	14
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	1,00	9,00	57,00	13,12 ± 15,85	17	0,00	2,50	7,00	5,52 ± 6,15	14
Fe Total (mg/L)	0,11	0,65	28,1	2,90 ± 6,67	17	0,65	2,51	7,06	2,89 ± 1,97	14
Cu Total (mg/L)	0,01	0,04	1,01	0,25 ± 0,36	17	0,00	0,08	0,34	0,11 ± 0,10	14
Zn Total (mg/L)	0,01	0,11	0,6	0,14 ± 0,13	17	0,14	0,24	0,03	0,37 ± 0,27	14

*o índice N representa o número válido de amostragens. OBS.: os valores apresentados como zero correspondem a valores não detectáveis no método utilizado.

Os parâmetros físico-químicos determinados para o efluente vinícola no Ponto B, correspondentes a área de Lavagem, são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Resumo estatístico do efluente área de lavagem (Ponto B) para o período de 04/04/2008 a 03/12/2008.

Parâmetros	Área de Lavagem (Ponto B)				
	Mínimo	Mediana	Máximo	Média ± Desvio Padrão	N*
pH	5,63	7,89	10,78	8,14 ± 1,36	21
Temperatura (°C)	14,00	20,00	26,90	20,30 ± 3,21	21
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	36,75	166,77	350,33	169,32 ± 72,16	21
DQO (mg/L)	30,00	358,00	3.890,00	836,00 ± 1.037	21
NT (mg/L)	1,00	8,00	85,00	11,60 ± 18,02	21
NH ₃ -N (mg/L)	0,00	0,30	34,20	2,70 ± 7,56	21
NO ₂ -N (mg/L)	0,00	0,01	0,11	0,04 ± 0,03	21
NO ₃ -N (mg/L)	0,00	0,80	21,10	3,30 ± 5,73	21
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,30	1,90	35,60	6,10 ± 8,60	21
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,00	0,00	15,00	2,60 ± 4,71	21
Fe Total (mg/L)	0,52	1,56	9,16	2,12 ± 2,17	21
Cu Total (mg/L)	0,00	0,10	6,68	0,93 ± 2,10	21
Zn Total (mg/L)	0,05	0,22	0,76	0,25 ± 0,19	21

*o índice N representa o número válido de amostragens. OBS.: os valores apresentados como zero correspondem a valores não detectáveis no método utilizado.

Considerando-se o período total de estudo, os valores de pH para a Amostragem Pontual apresentaram variação de 3,42 a 7,68, obtendo como resultado médio final valor igual a 5,28. Ao se avaliar a Amostragem Composta, esses valores variaram entre 3,76 e 6,19 e, a média final foi de 4,50. Para a safra, a média dos valores de pH da Amostragem Composta foi igual a 4,28 e, para período de entressafra, de 4,49.

Rodrigues et al. (2006), estudando efluente vinícola durante a safra, obteve como valor médio de pH 4,7 após um período de 24 horas da geração desse efluente. Na Figura 24 (b), pode-se observar a tendência crescente do pH ao longo do período avaliado para a Amostragem Composta, embora não tenham sido observadas diferenças como as encontradas por Andreatolla et al. (2005 b), que obtiveram valores de 3,8 a 8,2 durante o período de colheita da uva (safra) e valores de 4,0 a 11,4 no período da entressafra. Os valores de pH encontrados neste estudo são inferiores a outros estudos. Esta diferença pode ter sido causada por diferenciados procedimentos operacionais entre vinícolas ou pela separação do efluente, em que o efluente de lavagem de garrafas, que possui pH mais elevado, é separado de outros na origem.

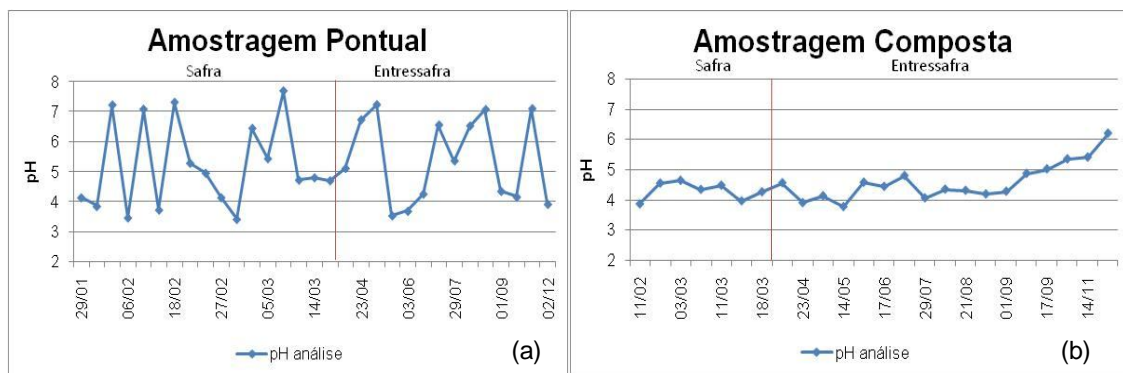


Figura 24: Valores de pH referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.

Para a atividade de lavagem de garrafas, em que se faz uso de detergentes alcalinos, os valores de pH tiveram variação em faixas de pH mais elevado, entre 5,63 e 10,78, enquanto a média obtida foi de 8,04. Na Figura 25 pode-se observar a variação de pH do efluente da lavagem no período avaliado.

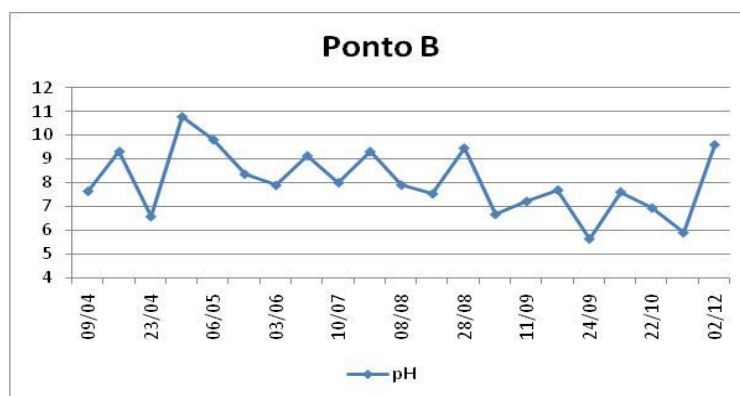


Figura 25: Valores de pH referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 02/12/2008.

Os valores médios de alcalinidade apresentados pelo efluente vinícola foram de 81,31 mgCaCO₃/L para a Amostragem Pontual e de 60,4 mgCaCO₃/L para a Amostragem Composta. As Amostragens Pontual e Composta revelaram valores de alcalinidade mais elevados no período de safrá (média ≈ 80 mgCaCO₃/L) quando comparados a entressafrá. No entanto, esses valores se encontram abaixo do valor típico de alcalinidade para esgoto doméstico, que corresponde a 200 mgCaCO₃/L (VON SPERLING, 2005), reforçando-se que, para o tratamento biológico aeróbio, indica-se que os valores de alcalinidade permaneçam elevados para não prejudicar as reações biológicas. A Figura 26 apresenta a variação da alcalinidade para as amostragens realizadas.

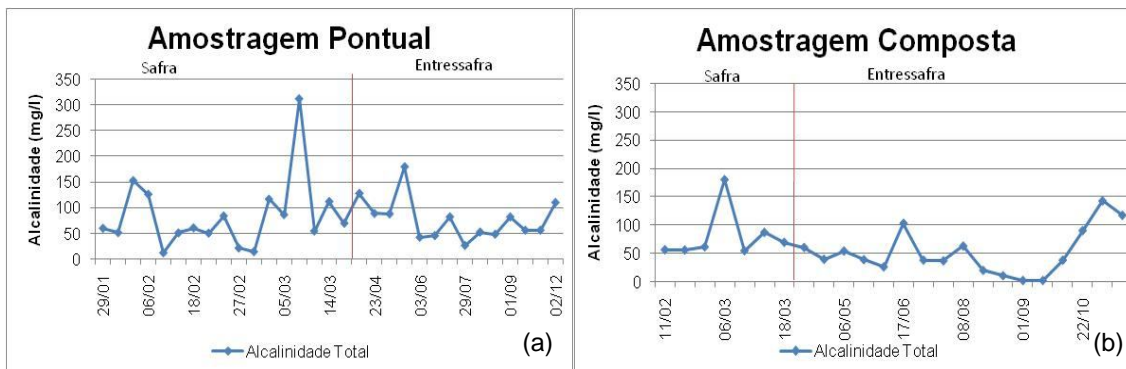


Figura 26: Valores de alcalinidade referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.

Para o efluente da lavagem de vasilhames, os valores de alcalinidade encontrados foram superiores, variando de 35,75 mgCaCO₃/L a 350,30 mgCaCO₃/L, como já era esperado, devido ao uso de detergentes alcalinos. Ainda assim, o valor médio apresentado 169,32 mgCaCO₃/L foi inferior ao valor típico encontrado em esgoto doméstico (em média 200mgCaCO₃/L).

A cor visível do efluente vinícola variava de acordo com a atividade que esta sendo desenvolvida. Atividade com uvas tintas, por exemplo, apresentam uma intensidade de cor semelhante a encontrada nos vinhos, apresentando, no entanto, aspecto mais turvo. A Amostragem Pontual, por compreender uma única coleta, apresentou valores inferiores para os parâmetros de cor aparente, cor verdadeira e turbidez quando comparados a amostragem composta, conforme pode ser observado nas Figura 27 e Figura 28.

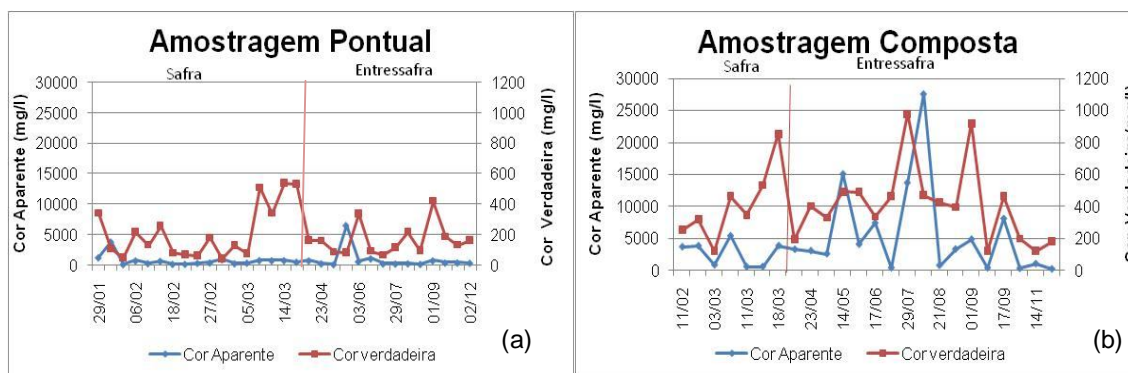


Figura 27: Valores de Cor aparente e Cor Verdadeira referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.

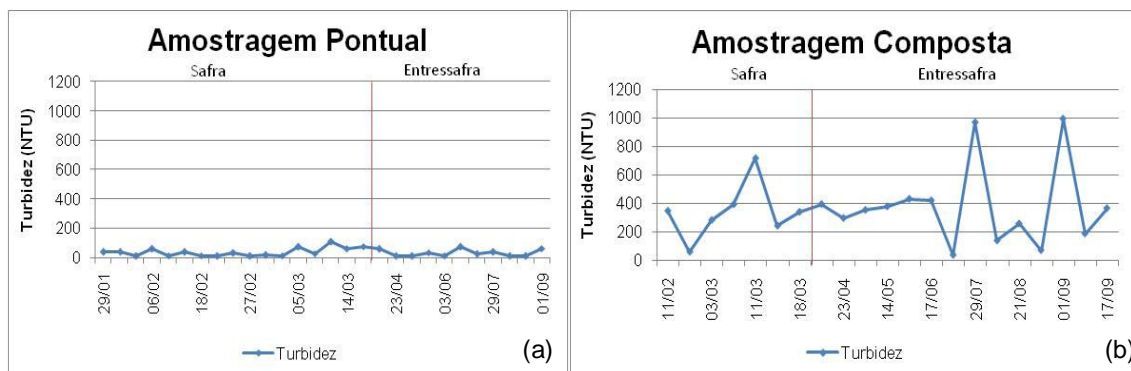


Figura 28: Valores de Turbidez referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 17/09/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.

Para o efluente do Ponto B, o valor médio de cor aparente foi de 588,7 mg de Pt/L e de cor verdadeira 120,6 mg de Pt/L, portanto inferiores aos obtidos no Ponto A. Para o efluente da lavagem de vasilhames é comum a existência de restos de rótulos, e em alguns casos restos de tampas e rolhas. Os valores de turbidez e Sólidos Suspensos Totais (TSS) apresentaram valores médios de 85,7 NTU e 105,7 mg/L, respectivamente. A similaridade de comportamento dos valores pode ser observada na Figura 29.

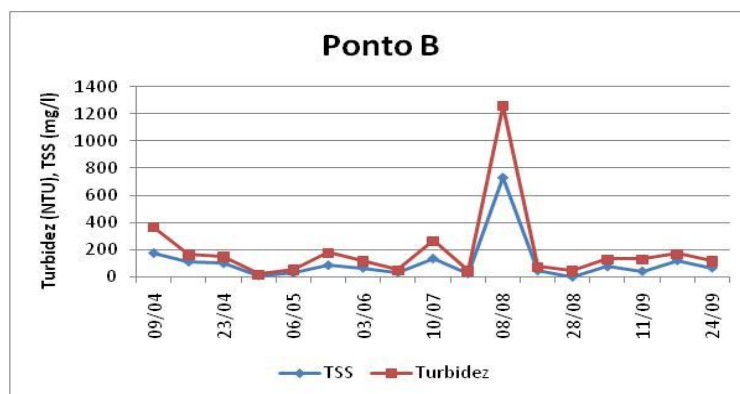


Figura 29: Valores de Turbidez e Sólidos Suspensos Totais (TSS) referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 24/09/2008.

Em relação aos valores de DQO, a literatura apresenta variação nos valores apresentados. Andreottola et al. (2005) caracterizaram o efluente de uma vinícola localizada na província do Trento, que produz 30% de vinhos tintos e 70% de vinhos brancos, obtendo valores médios de 7.130 mg/L de DQO. Rodrigues et al. (2006), caracterizando o efluente vinícola durante o período da safra, obtiveram valores de 14.150 mg/L. Essa variação pode ser em função dos procedimentos adotados por cada região no processamento da uva, técnicas e tecnologias

utilizadas ou, como este estudo demonstra, pode ser relativa ao procedimento amostral utilizado para a realização das coletas.

Os valores médios e medianos apresentados para a Amostragem Composta foram sempre superiores aos encontrados na Amostragem Pontual. Em função dos elevados desvios padrão encontrados para esse parâmetro, optou-se por utilizar os valores de mediana para a discussão da caracterização do efluente gerado pela vinícola em estudo. A mediana obtida na Amostragem Pontual do período total de estudo foi de 4.880 mgDQO/L, e para a Amostragem Composta, foi de 8.260 mgDQO/L. Nas duas amostragens os valores medianos obtidos para o parâmetro DQO durante a safra foram superiores a entressafra. Para a Amostragem Pontual a safra obteve valor mediano de 5.300 mgDQO/L e a entressafra, de 3.250 mgDQO/L. Para a Amostragem Composta, o valor mediano obtido durante a safra foi de 9.090 mgDQO/L e durante a entressafra o valor mediano foi de 8.260 mgDQO/L.

Para a avaliação da qualidade do efluente vinícola em termos de DQO, sugere-se, então, que sejam considerados os valores de Amostragem Composta, dado que cada amostragem representa a soma de 20 coletas diárias, enquanto que os valores de Amostragem Pontual refletem apenas os resultados de uma coleta. No entanto, a Amostragem Pontual permitiu visualizar as variações ocorridas pelo efluente vinícola em um mesmo horário, inferindo assim a necessidade de uma equalização prévia ao tratamento a ser adotado para esse efluente. A Tabela 15, indicada anteriormente, apresenta o resumo estatístico obtido para o parâmetro DQO, na Amostragem Pontual e Composta. A Figura 30 demonstra o comportamento do parâmetro DQO ao longo das amostragens realizadas durante este estudo.

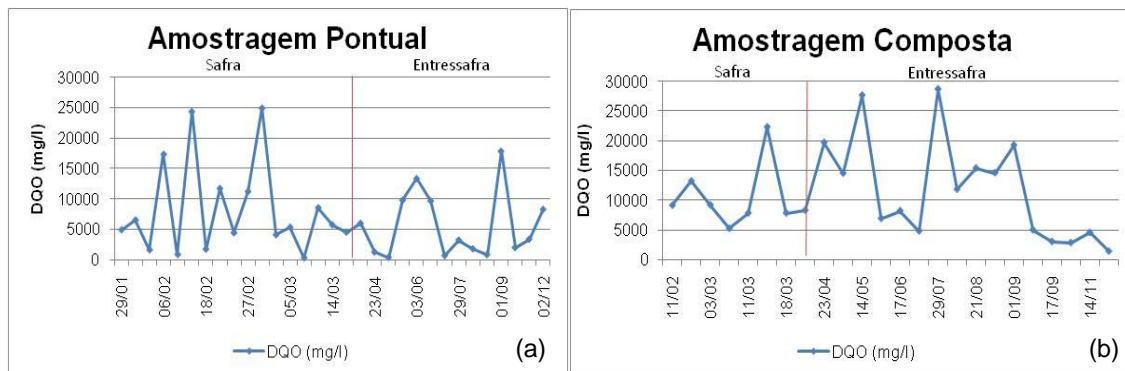


Figura 30: Valores de DQO referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.

Para o efluente gerado na área produtiva, os valores médios de DBO determinados no período da entressafra permitiram a obtenção de uma relação DBO/DQO de 0,15 para o efluente vinícola bruto e 0,75 para a mesma amostra de efluente vinícola enriquecido de nutrientes, confirmando a necessidade de ajuste nutricional. No entanto, os valores obtidos para o efluente bruto foram menores que os valores encontrados por Canler et al. (1998 apud BOLZONELLA et al., 2007) que obteve 0,5 e 0,6 para a relação DBO/DQO de efluente bruto.

Para o efluente do Ponto B, em que é feita a lavagem de garrafas e garrafões e o engarramento, ocorreu uma variação de 30 mgDQO/L a 3.890 mgDQO/L, com valor médio de 836 ± 1.037 mgDQO/L, enquanto o valor de mediana foi de 358 mgDQO/L (Figura 31). Os maiores valores de DQO correspondem aos meses em que as vendas de produtos apresentaram a segunda maior baixa do ano (ver Anexo I). Como consequência das menores vendas (menor processamento de vinho), a mão-de-obra dedicou-se a atividade de lavagem de garrafões. No período compreendido entre 11/08 e 11/09, foram lavados 47.570 garrafões usados e 243.500 garrafas. Esse número corresponde a aproximadamente 35% dos garrafões e 35 % das garrafas lavadas no período em que o consumo de água para a lavagem de garrafas e garrafões foi avaliado (11/08 a 20/12).

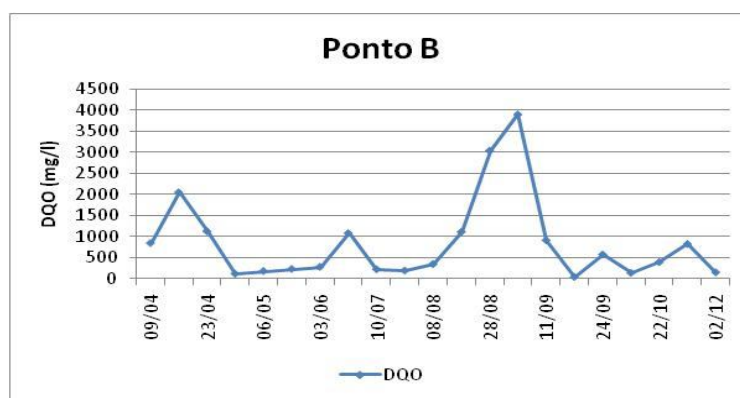


Figura 31: Valores de DQO referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 02/12/2008.

O comportamento dos parâmetros NT e $\text{NH}_3\text{-N}$ podem ser observados na Figura 32. A considerar o elevado desvio padrão apresentado na Tabela 15, serão trabalhados os dados medianos. Os valores medianos obtidos para a Amostragem Pontual foram de 9,60 mgNT/L e 0,70 mg NH_3 /L e para a Amostragem Composta 11,00 mgNT/L e 0,80 mg NH_3 /L. As frações medianas de $\text{NO}_2\text{-N}$ foram inferiores a 0,05mg/L em ambas as amostragens, e quanto ao $\text{NO}_3\text{-$

N, este apresentou valores medianos de 1,10 mg/L na Amostragem Pontual e 3,20 mg/L na Amostragem Composta. Esses valores são inferiores aos encontrados por outros autores que estudaram efluente vinícola, como Andreottola et al. (2005) (21,2 mg/L $\text{NH}_4\text{-N}$), Rodrigues et al. (2006) (48,2 mg/L NTK) e Vlyssides et al. (2005) (71 mg/L NTK).

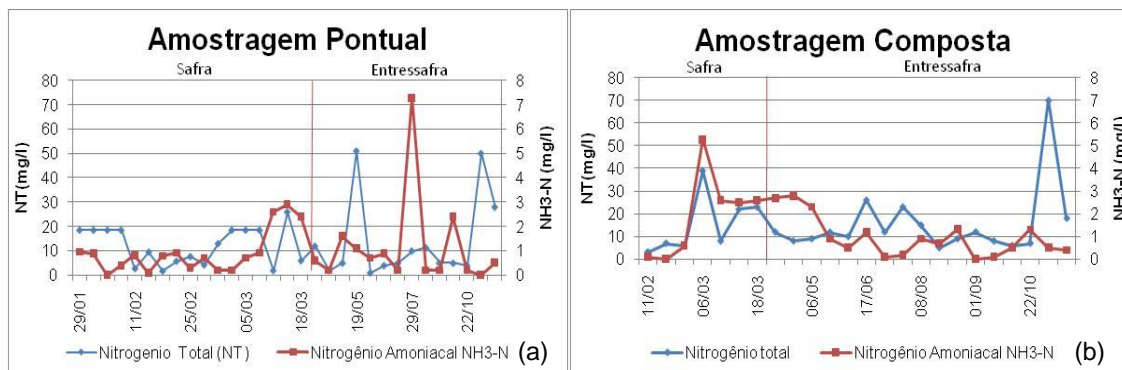


Figura 32: Valores de NT e $\text{NH}_3\text{-N}$ referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.

Na Figura 33, pode-se observar o comportamento do efluente do Ponto B. Os valores medianos obtidos para a Amostragem Pontual foram de 8,00 mgNT/L e 0,30 mg $\text{NH}_3\text{/L}$, semelhante aos valores encontrados no Ponto A. Destaca-se no gráfico o valor correspondente ao dia 10/10 na qual as concentrações apresentadas foram iguais a 85,00 mgNT/L e 34,20 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$. Neste dia, também obteve-se o pH mais baixo do período estudado (5,63).

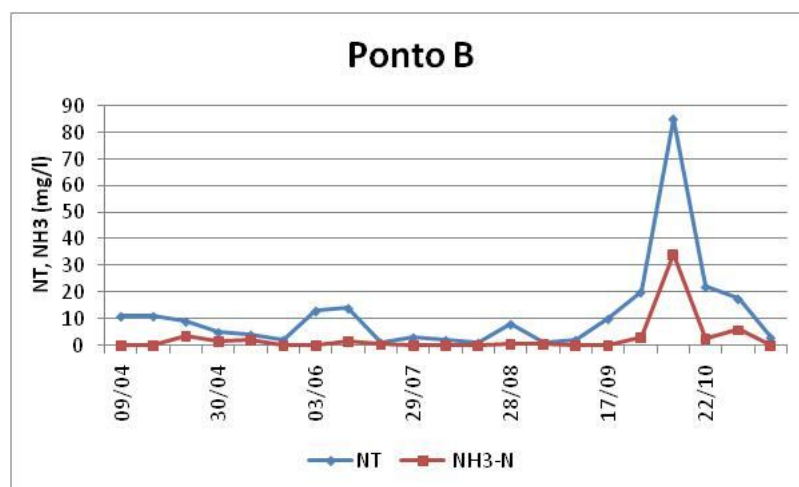


Figura 33: Valores de NT e $\text{NH}_3\text{-N}$ referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 02/12/2008.

Na Figura 34 apresenta-se o comportamento do parâmetro PO_4^{3-} para a Amostragem Pontual e Amostragem Composta do período avaliado. Os valores médios obtidos para fósforo foram de

7,60 mgPO₄³⁻/L e 10,60 mgPO₄³⁻/L para Amostragem Pontual e Composta, respectivamente. Os valores médios obtidos para fósforo por Andreottola et al. (2005) (6,4 mg PO₄³⁻/L) e Rodrigues et al. (2006) (5,5 mgPT/L), são inferiores, revelando como consequência um balanço nutricional diferenciado. Para o efluente da lavação – Ponto B (Figura 35) os valores médios de fósforo foram inferiores aos encontrados para a área produtiva – Ponto A (6,10 mgPO₄³⁻/L).

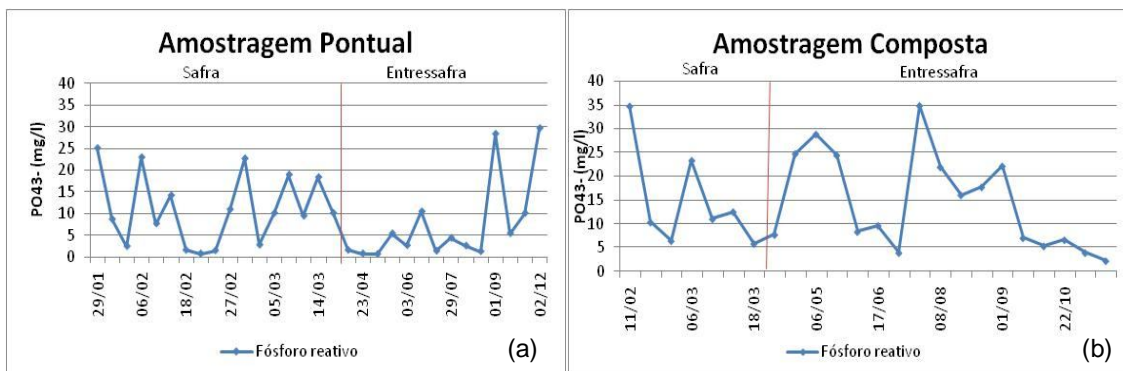


Figura 34: Valores de PO₄³⁻ referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.

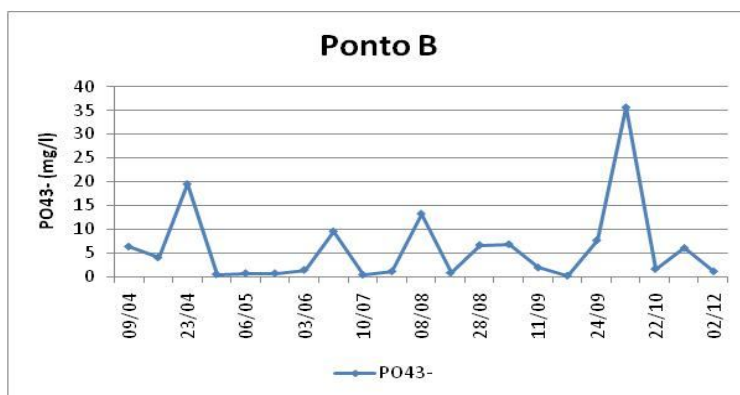


Figura 35: Valores de PO₄³⁻ referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 02/12/2008.

Conforme pode ser observado na Tabela 5 (na Revisão Bibliográfica), em alguns casos é feita a adição de macronutrientes no efluente vinícola para a realização do tratamento biológico. Isso se deve ao fato do efluente vinícola possuir o balanço nutricional diferente do recomendado para a síntese biológica, cuja a relação C/N/P deve ser de 100/5/1 (VON SPERLING, 2005).

Canler et al. (1998 apud BOLZONELLA et al., 2007) obtiveram a relação DBO/N/P de 100/1/0,25. Neste estudo, a relação C/N/P média obtida na Amostragem Composta para o

efluente vinícola foi inferior ao reportado na literatura. Durante o período da safra o valor médio de DBO/N/P foi de 100/0,29/0,28 e na entressafra foi de 100/0,27/0,25, considerando a DBO₅ igual a 0,5 vezes DQO proposta por Canler et al. (1998 apud BOLZONELLA et al., 2007). Quando se avaliam os dados medianos, esse valor fica ainda menor, sendo para a safra apresentada a relação 100/0,18/0,24 e para a entressafra a relação 100/0,29/0,23. Considerando o período total avaliado para a Amostragem Composta, a relação mediana obtida para C/N/P foi de 100/0,25/0,25.

Com relação à presença de compostos de enxofre no efluente da vinícola avaliada, este pode ter duas principais fontes: o uso de sulfato de cobre no tratamento da videira e a adição de metabissulfito de potássio no mosto da uva desengaçada durante a fermentação alcoólica como agente seletivo de bactérias (prática observada durante o estudo). A presença desses compostos foi avaliada na forma de sulfato e os resultados estão apresentados na Figura 36. As atividades que podem ser fonte de compostos de enxofre estão concentradas durante a safra, por este motivo, as médias apresentadas para a Amostragem Pontual e Composta foram superiores durante esse período (13,12 mgSO₄²⁻/L e 12,85 mgSO₄²⁻/L respectivamente) quando comparadas ao período da entressafra (Pontual: 5,52 mgSO₄²⁻/L e Composta: 3,00 mgSO₄²⁻/L). Para o efluente da lavagem esse parâmetro não foi encontrado em 13 das 21 análises realizadas.

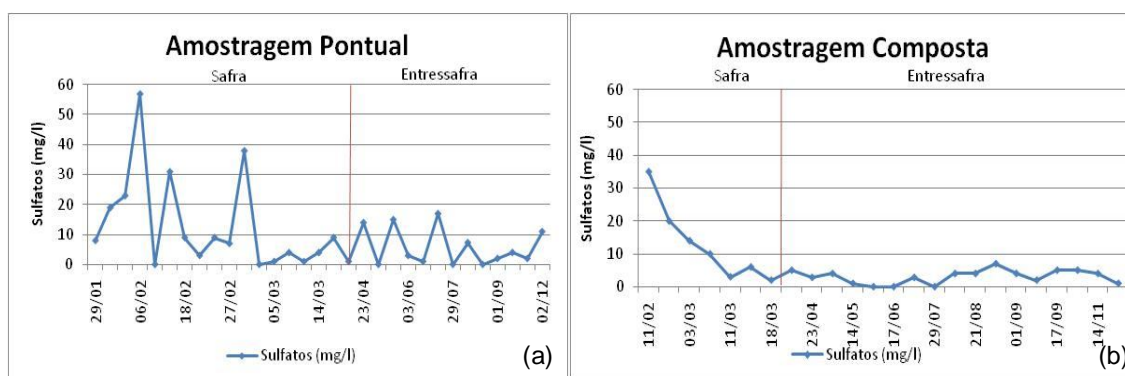


Figura 36: Valores de SO₄²⁻ referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008: (a) Amostragem Pontual e (b) Amostragem Composta.

A presença de metais, principalmente cobre e zinco no efluente vinícola, foi estudada por Andreottola et al. (2007), que observaram que os valores lançados normalmente são incompatíveis com padrões mais restritivos de lançamentos na rede pública de esgotos (0,4 mgCu/L e 1,0 mgZn/L). Nas Figura 37 e Figura 38 estão apresentados os comportamentos

temporais dos parâmetros Fe, Cu, Zn para a Amostragem Pontual e Composta. Durante este estudo, os valores medianos obtidos para os parâmetros Cu, Zn e Fe Total ficaram abaixo dos valores máximos preconizados para o lançamento de efluentes em corpos hídricos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (1,0 mg/L para Cobre dissolvido, 5,0 mg/L para Zinco Total e 15 mg/L para Fe dissolvido) (BRASIL, 2005), e pelo Decreto Estadual 14.250/1981 (0,5 mg/L de Cobre Total, 1,0 mg/L de Zinco Total e 15 mg/L de Fe 2+ solúvel) (SANTA CATARINA, 1981).

Contudo, ao ser avaliado o valor médio da Amostragem Composta para o parâmetro cobre, este encontrou-se em desacordo com o Decreto Estadual 14.250/1981 no período total de estudo. Com relação às faixas de variação no efluente, os valores de cobre mostraram-se em desacordo com as legislações usadas para comparação, enquanto os valores de zinco estiveram em desacordo somente com o Decreto Estadual e o parâmetro ferro apresentou apenas um ponto em desacordo com as legislações (Figura 39).

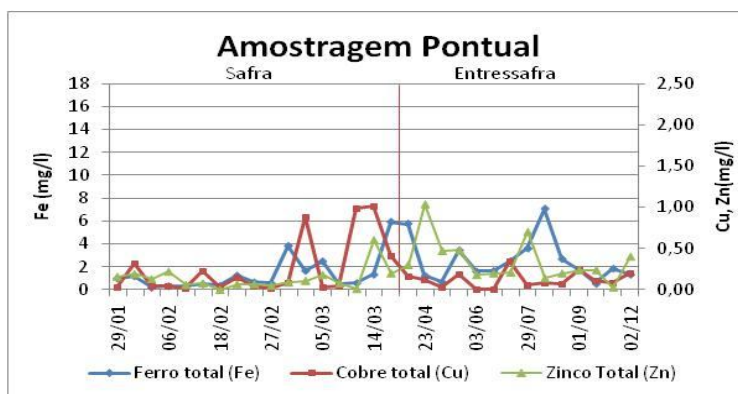


Figura 37: Valores de Fe, Cu e Zn ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008 para a Amostragem Pontual

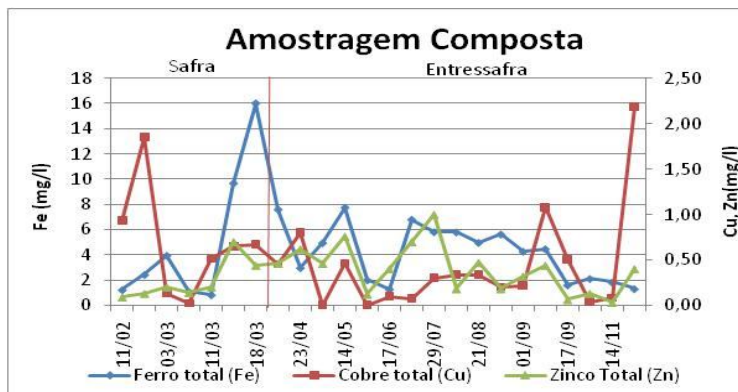


Figura 38: Valores de Fe, Cu e Zn referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008 para a Amostragem Composta.

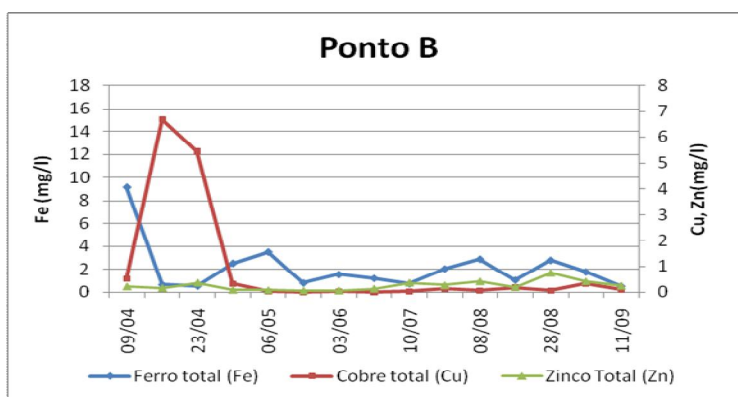


Figura 39: Valores de Fe, Cu e Zn referentes ao efluente da área de lavagem (Ponto B), durante o período de 09/04/2008 a 11/09/2008.

Avaliando, de forma geral, os resultados obtidos com a caracterização físico-química dos efluentes da vinícola em estudo, observou-se comportamentos diferenciados entre as amostragens Pontual e Composta. No entanto, ao ser avaliada a diferença entre os períodos de safra e entressafra, a aplicação do teste Anova com $\alpha = 0,05$ (95% de probabilidade) para a Amostragem Pontual apontou F calculado $\approx 1,875 <$ que F crítico $\approx 3,871$, provando estatisticamente que não há diferença nos resultados esperados para os períodos de safra e entressafra. O mesmo fato ocorreu com a Amostragem Compostas em que a aplicação do teste ANOVA com $\alpha = 0,05$ (95% de probabilidade) apontou F calculado $\approx 1,934 <$ que F crítico $\approx 3,035$, provando estatisticamente que não há diferença nos resultados esperados para os períodos de safra e entressafra. A similaridade entre esses períodos obtida nesse estudo pode estar relacionada à segregação do efluente de lavagem de garrafas que é feita na planta da própria vinícola, fazendo com que não sejam sentidas diferenças significativas entre os períodos de safra e entressafra.

De acordo com a estimativa de volume gerado por dia (obtido a partir das medições de vazão realizadas para a Amostragem Composta) e os valores de concentração de DQO obtidos com as análises realizadas para Amostragem Composta, as cargas orgânicas geradas por dia estão apresentadas na Figura 40. Em termos de valores médios, a geração de carga orgânica foi superior no período da entressafra (129 kgDQO/d) quando comparado aos valores da safra (109,7 kgDQO/dia), embora, em termos de concentração deste parâmetro, tenha ocorrido o contrário. Este fato pode estar relacionado ao consumo médio maior que foi observado no período da entressafra (855 m³ contra 807 m³ da safra), e a volumes maiores de efluentes gerados nas atividades de lavagem realizadas na área produtiva, como por exemplo, a lavagem de filtro.

Para o cálculo do equivalente populacional foram considerados os valores médios de carga orgânica em termos de DQO obtidos na Amostragem Composta (122,6 kgDQO/d) e como equivalente populacional de 0,054 kgDBO/hab.d (VON SPERLING, 2005), considerando DBO igual a metade da DQO. O equivalente populacional obtido para a vinícola avaliada foi de aproximadamente 1.135 habitantes.

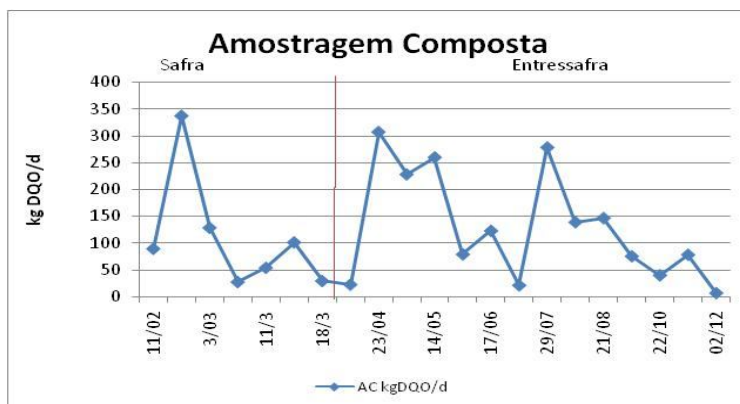


Figura 40: Valores de Carga orgânica referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008 para Amostragem Composta.

Para as cargas geradas de nitrogênio e fósforo (Figura 41), obtidos para a Amostragem Composta, verificam-se valores da ordem de 0,15 kg/d para NT e, também, para PO₄⁻³. Novamente, como o ocorrido com as cargas orgânicas, os valores médios do período da entressafra (0,18 kgNT/d e 0,16 kg PO₄⁻³/d) foram superiores aos gerados no período da safra (0,10 kgNT/d e 0,14 kg PO₄⁻³/d). A partir destes dados médios é possível obter a relação de 122 kgDQO/d, para 0,15 kgNT/d e 0,15 kg PO₄⁻³/d, confirmando o balanço nutricional inadequado ao tratamento biológico de efluentes.

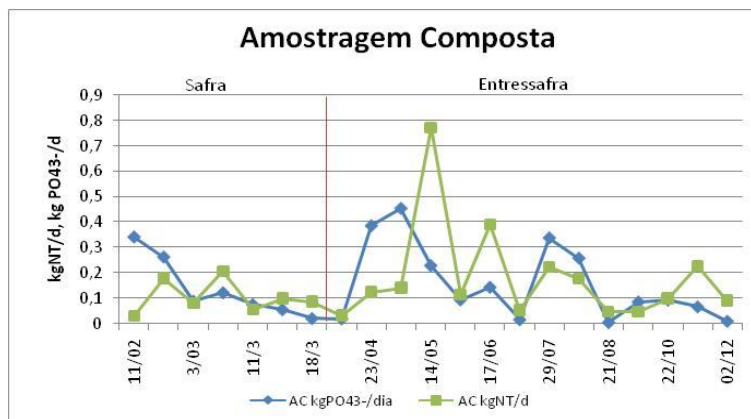


Figura 41: Valores de Carga Nitrogenada e de Fósforo referentes ao efluente da área produtiva (Ponto A), durante o período de 28/01/2008 a 02/12/2008 para Amostragem Composta.

5.3.2 Amostragens Horárias

No apêndice I estão apresentados os resultados médios dos dias de coleta realizados para a amostragem horária, e o resumo estatístico das análises referente às Amostragens realizadas durante a safra e a entressafra respectivamente.

Os resultados obtidos a partir da Amostragem Horária apresentaram elevada amplitude nas concentrações, reforçando a necessidade de equalização do efluente para posterior encaminhamento ao sistema de tratamento. Durante as 7 campanhas realizadas na safra, pode-se observar a flutuação no volume despejado, que apresentou valores entre 54 L/h e 10.800 L/h aproximadamente. Durante a entressafra, essa variação foi entre 54 L/h e 7.200 L/h.

Na avaliação das Amostragens Horárias, os valores de temperatura permaneceram em uma faixa entre 14 °C e 32 °C. A temperatura mínima do efluente foi identificada no período da entressafra e coincidiu com o dia mais frio do ano, em que a temperatura no local de coleta do efluente atingiu -3 °C. Os valores de pH se mantiveram entre 3,00 e 7,14 durante o período da safra. No período da entressafra, os valores de pH para o efluente da Área Produtiva variaram entre 3,20 e 8,23, próximo aos valores de Andreottola et al. (2005) que obtiveram faixas de variação de pH entre 3,9 e 8,2, no entanto, estes autores consideraram todos os processos envolvidos.

Na avaliação da Amostragem Horária as concentrações médias de DQO no período da safra (9.232 mg/L) foram superiores ao período de entressafra (4.985 mg/L), confirmando a tendência observada na Amostragem Pontual e Composta. O mesmo fato pode ser observado para os parâmetros NT, $\text{NH}_3\text{-N}$ e PO_4^{3-} (apêndice I).

A partir da Amostragem Horária, concomitantemente a medição de vazão, foi possível identificar um perfil horário de carga orgânica. Para o período estudado, a média da geração de carga orgânica horária foi de 8,50 kgDQO/h. No entanto, quando avaliados separadamente, o período da safra obteve média superior ao período da entressafra, com valores de 10,67 kgDQO/h e 7,41 kgDQO/h, respectivamente.

Mesmo não havendo na vinícola estudada uma padronização das atividades diárias, foi possível observar os horários que apresentaram valores de carga orgânica superiores aos valores médios de carga orgânica horária. Estes horários ocorreram no período da tarde, entre 14h30 e 17h30, e durante a safra o horário de 11h30 também ultrapassou os valores médios, corroborando com os horários em que o consumo de água foi acima da média (2,9 m³/h). No horário das 11h30, o consumo pode estar relacionado à lavagem dos equipamentos de processamento da uva antes do intervalo de almoço. Dentre estes horários que apresentaram valores de carga orgânica superiores a média, o horário de 16h30 apresentou a média de aproximadamente 25,00 kgDQO/h durante o período avaliado.

A partir da variação horária observada nas concentrações do efluente vinícola, foram avaliadas as atividades desenvolvidas na vinícola no momento em que o efluente era coletado e, procurou-se estabelecer relações entre elas. De acordo com Torrijos e Moletta (2000), as operações de lavagem efetuadas durante os processos de vinificação são responsáveis pela geração de efluentes com elevada carga orgânica.

Dentre às 210 horas avaliadas, 72 horários apresentaram valores de carga orgânica acima da média. Entre estes horários que apresentaram valores acima da média, a atividade de lavagem dos filtros repetiu-se 18 vezes, lavagem das pipas repetiu-se 16 vezes, lavagem da prensa e lavagens do piso 9 vezes cada uma. Vlyssides et al. (2005), avaliando detalhadamente cada processo que ocorre dentro das etapas de vinificação de vinho tinto e vinho branco, obtiveram para a produção de vinho tinto valores de $4,37 \pm 0,089$ kgDQO/m³ para a lavagem do

maquinário utilizado na atividade de filtração e, em média, 0,35 kgDQO/m³ para as lavagens de pisos para todas as atividades.

Na vinícola em estudo, nas outras vezes em que os valores de carga orgânica estiveram acima da média (44 vezes com valores médios de 13,28 kgDQO/m³), estavam sendo realizadas as atividades de extravasagem de pipas, preparação do vinho, filtragem e pasteurização. Nestas atividades podem ocorrer perdas de mosto e de vinho, que, segundo Vlyssides et al. (2005) podem contribuir com aproximadamente 29 kgDQO/m³ a 36 kgDQO/m³ para vinhos brancos e 36 kgDQO/m³ a 44 kgDQO/m³ para vinho tinto.

Os valores medianos e médios obtidos em cada uma das atividades estão apresentados na Tabela 19. Nas Figura 42 e Figura 43 pode ser observado o perfil de carga orgânica horária gerada nos períodos de safra e entressafra, respectivamente, e a relação das atividades que apresentaram maiores cargas orgânicas.

Tabela 19: Valores medianos, médios e desvio padrão obtidos em cada uma das atividades elencadas na Amostragem Horária.

Atividades	N*	Carga (kgDQO/h)		Volume gerado (m ³)		Carga (kgDQO/m ³)	
		Mediana	Média ± Desvio Padrão	Mediana	Média ± Desvio Padrão	Mediana	Média ± Desvio Padrão
1 - Lavagem de Filtros	18	23,49	41,39 ± 59,44	2,03	3,21 ± 3,10	12,06	16,38 ± 14,75
2 - Lavagem da Prensa	9	1,92	10,40 ± 21,02	0,76	0,96 ± 0,80	2,22	7,72 ± 14,22
3 - Lavagem do Piso	9	5,79	21,32 ± 31,66	2,28	2,76 ± 2,28	3,06	10,85 ± 15,15
(4) Lavagem da Pipa	16	5,20	11,17 ± 16,87	0,92	1,62 ± 2,56	5,02	8,30 ± 8,04
5 - Outras Atividades	44	6,59	13,40 ± 21,77	0,53	0,93 ± 1,07	10,16	13,28 ± 8,95
Todas as atividades	210	1,48	6,99 ± 14,59	0,78	1,15 ± 1,39	2,64	6,08 ± 8,27

*o índice N, representa o número válido de amostragens.

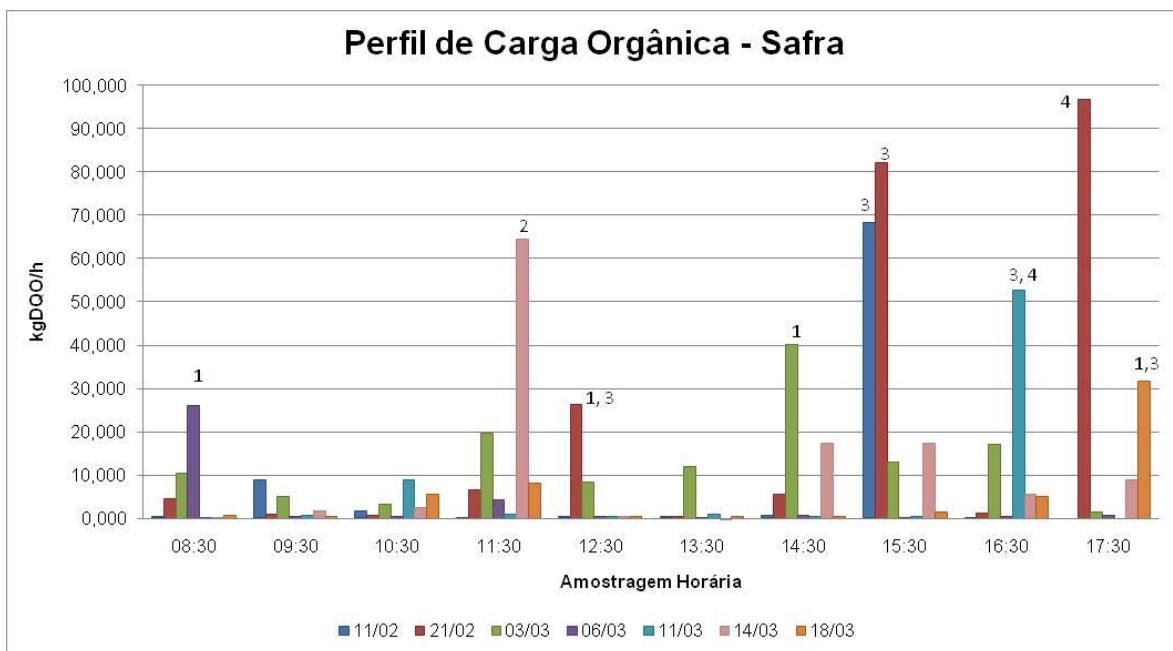


Figura 42: Perfil de carga orgânica horária obtida durante a safra, relacionando os picos com as atividades desenvolvidas no momento da coleta em que: 1 - Lavagem de Filtros; 2 – Lavagem da prensa; 3 – Lavagem das pipas; 4 – Lavagem do piso; 5 - Outras Atividades: preparação de vinho, filtragem e/ou pasteurização.

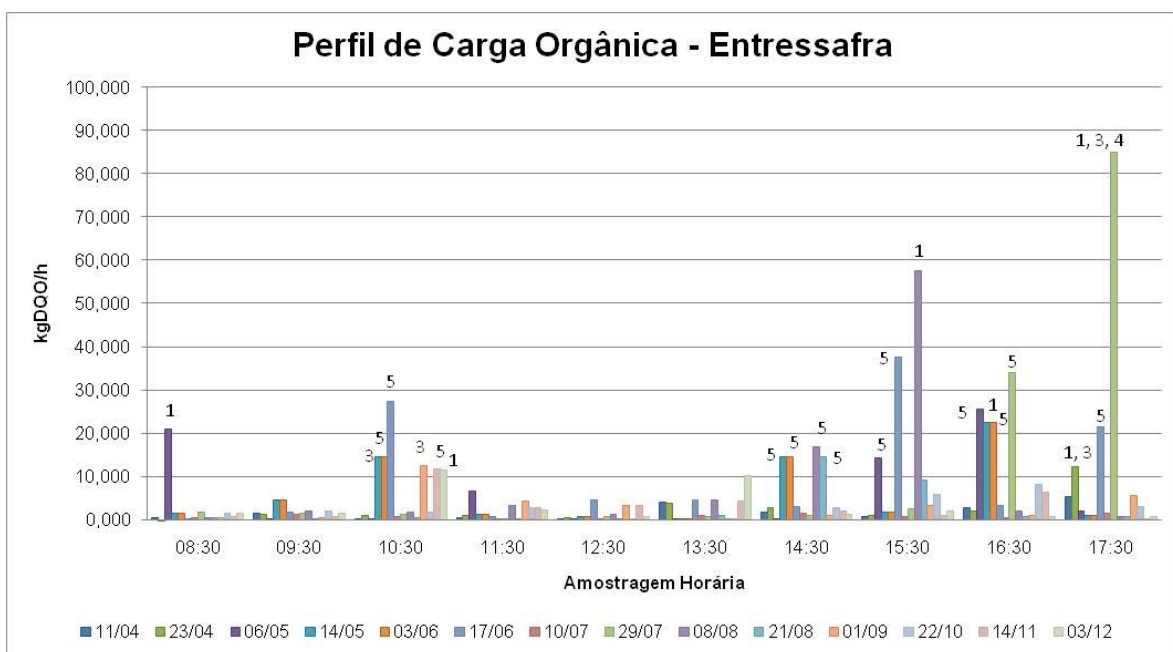


Figura 43: Perfil de carga orgânica horária obtida durante a entressafra, relacionando os picos com as atividades desenvolvidas no momento da coleta em que: 1 - Lavagem de Filtros; 2 – Lavagem da prensa; 3 – Lavagem das pipas; 4 – Lavagem do piso; 5 – Outras Atividades: preparação de vinho, filtragem e/ou pasteurização.

Para os parâmetros NT e PO_4^{3-} , considerando todas as coletas realizadas, as cargas médias geradas foram de 0,026 kgNT/h e 0,023 kg PO_4^{3-} /h e as cargas volumétricas médias foram de 0,015 kgNT/m³ e 0,013 kg PO_4^{3-} /m³. A partir dos valores médios de carga orgânica

volumétrica obtidos na Amostragem Horária pode-se estabelecer uma nova relação C/N/P de 100/0,25/0,23, próximo ao valor encontrado quando avaliada a Amostragem Composta (100/0,25/0,25).

A aplicação do teste Anova com $\alpha = 0,05$ (95% de probabilidade) para o período da safra apontou F calculado $\approx 1,391 <$ que F crítico $\approx 2,123$, provando estatisticamente que não há diferença nos resultados médios esperados para as 7 Amostragens Horárias realizadas. Igualmente, o teste de interação apontou F $\approx 1,380 <$ F crítico $\approx 1,489$ provando estatisticamente que a mudança da Amostragem Horária não altera o resultado médio dos parâmetros estudados nas coletas horárias.

No entanto, ao avaliar os valores obtidos no período da entressafra, a aplicação do teste Anova com $\alpha = 0,05$ (95% de probabilidade) apontou F calculado $\approx 2,485 >$ que F crítico $\approx 1,740$, mostrando que houve, estatisticamente, diferença nos resultados esperados para as 14 Amostragens Horárias realizadas na entressafra. Essa diferença pode estar relacionada com as atividades que são realizadas na entressafra e que geram diferentes variações horárias de efluente.

5.4 APLICAÇÃO DE BIOFILTRO AERADO SUBMERSO

Neste item serão apresentados os resultados obtidos com a avaliação dos BAS 1 (safra) e BAS 2 (entressafra) preenchidos com casca de ostra. No Apêndice II está apresentado o resumo estatístico completo obtido com a avaliação dos biofiltros nos períodos em que o reator operou em modo descontínuo (Período 1 e 2) e em modo contínuo (Período 3), e também do período total de estudo sem considerar as diferenças operacionais entre os períodos.

5.4.1 Valores de pH, Temperatura e Oxigênio Dissolvido obtidos no acompanhamento diário.

Na Tabela 20 é possível observar as médias e os desvios padrão do acompanhamento diário de pH, temperatura e oxigênio dissolvido (OD) do BAS 1 e BAS 2, respectivamente.

Tabela 20: Valores médios obtidos durante o acompanhamento do BAS 1 e BAS 2 respectivamente.

BAS 1 Safra – Médias ± Desvio Padrão						
Parâmetros	Período 1 (N*=90**)		Período 2 (N*=90)		Período 3 (N*=90)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
pH	4,04 ± 0,36	7,26 ± 0,53	4,73 ± 0,72	7,45 ± 0,35	3,95 ± 0,44	7,26 ± 0,52
Temperatura (°C)	19,09 ± 1,95	19,32 ± 1,97	19,91 ± 1,82	20,10 ± 1,87	23,17 ± 1,27	23,27 ± 1,22
OD (mg/L)	-	0,43 ± 0,28	-	1,68 ± 1,50	-	3,07 ± 1,42

BAS 2 Entressafra - Médias ± Desvio Padrão						
Parâmetros	Período 1 (N*=90**)		Período 2 (N*=90)		Período 3 (N*=90)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
pH	3,96 ± 0,65	6,75 ± 0,74	4,17 ± 0,51	7,42 ± 0,37	4,39 ± 0,92	7,35 ± 0,41
Temperatura (°C)	19,21 ± 2,00	19,43 ± 2,02	20,14 ± 1,79	20,29 ± 1,82	23,12 ± 1,14	23,32 ± 1,20
OD (mg/L)	-	0,91 ± 1,44	-	1,22 ± 1,42	-	1,85 ± 1,38

* o índice N refere-se ao número de amostragens válidas; ** para o OD do Período 1 foram realizadas apenas 18 amostragens.

A temperatura afluente e efluente permaneceu constante e apresentou um comportamento similar para ambos os reatores (Figura 44 e Figura 45).

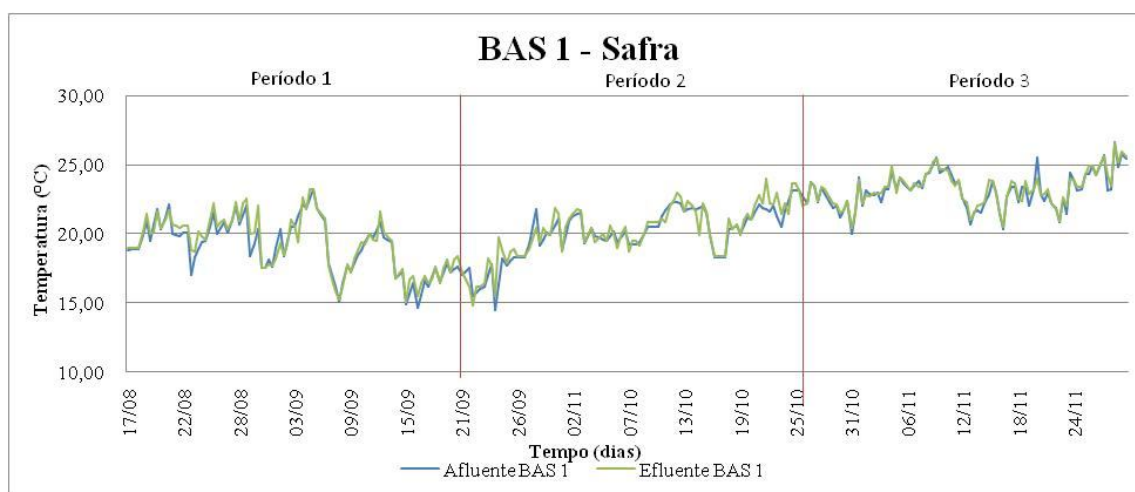


Figura 44: Perfil da temperatura durante o acompanhamento diário do BAS 1.

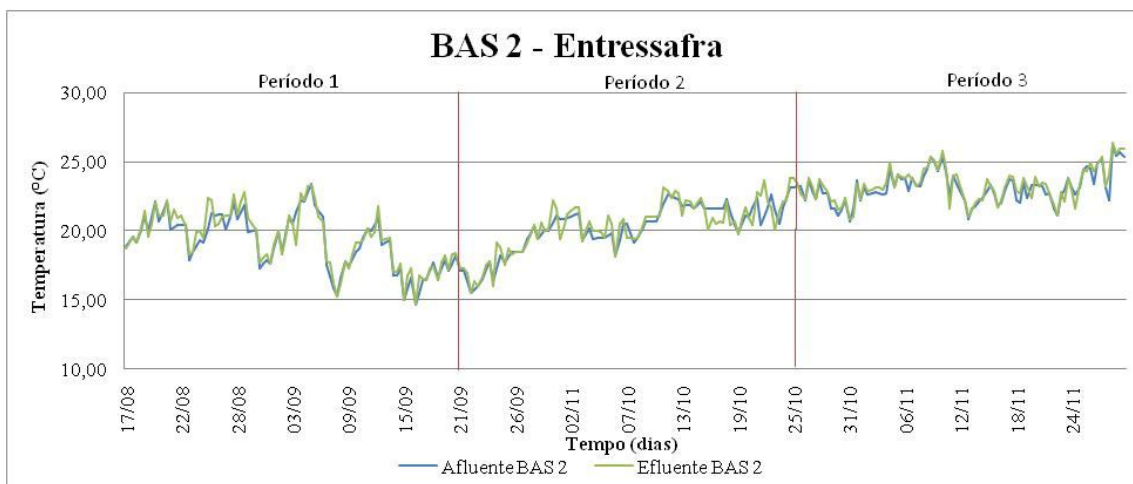


Figura 45: Perfil da temperatura durante o acompanhamento diário do BAS 2.

Os valores de pH obtidos no acompanhamento estão apresentados nas Figura 46 e Figura 47, para BAS 1 e BAS 2, respectivamente. Os valores de pH para o BAS 1 apresentaram similaridade nos Períodos 1 e 3, sendo que os maiores valores foram observados no Período 2. Para o BAS 2, houve uma tendência crescente dos valores de pH, sendo que os valores mais elevados foram alcançados no Período 3. O uso de conchas como material suporte possibilitou o incremento do pH de, em média, 4,5 para 7,2, dentro da faixa de valores considerados ideais para a atividade bacteriana (valores entre 6,5 e 9), sem a necessidade de correção de pH, como foi realizado em outros estudos com efluentes vinícolas desenvolvidos por Lobos et al. (2007) e Andreottola et al. (2005).

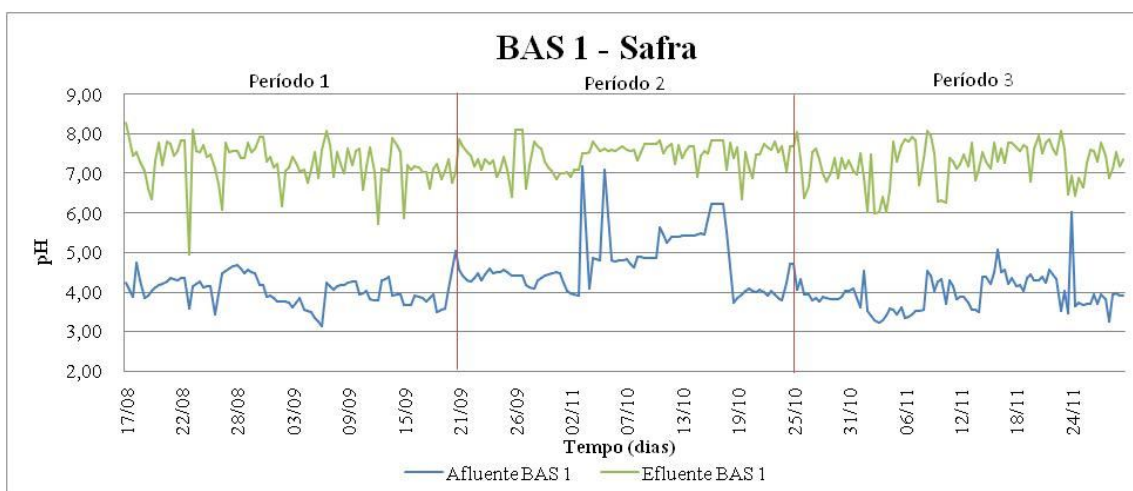


Figura 46: Perfil do pH durante o acompanhamento diário do BAS 1.

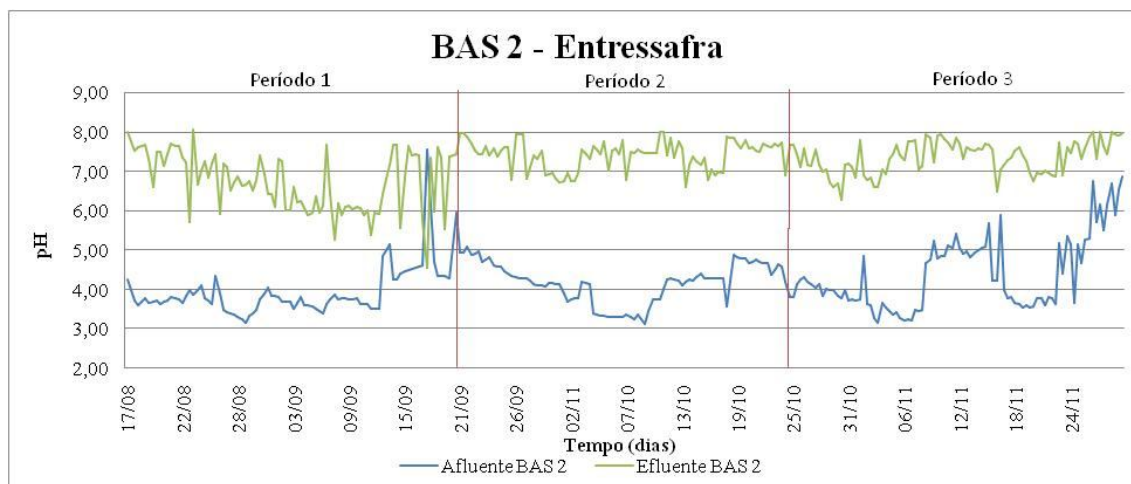


Figura 47: Perfil do pH durante o acompanhamento diário do BAS 2.

A concentração de oxigênio dissolvido é um parâmetro importante a ser acompanhado no tratamento biológico aeróbio. No caso de processos de lodos ativados, a concentração mínima de oxigênio no meio líquido deve ser de 1,0 a 4,0 mg/L, para que o oxigênio dissolvido não se torne limitante ao crescimento dos microrganismos (CETESB, 1997). A manutenção da concentração de OD na superfície do BAS acima de 2 mg/L, conforme preconizado por Domingues, Seco e Abdul Nour (2005) para garantir a condição favorável ao desenvolvimento da biomassa aeróbia no biofiltro foi dificultada pela utilização dos aeradores de aquário.

O Período 1 apresentou os menores valores de OD, com concentrações da ordem de 0,43 mg/L e 0,91 mg/L para os BAS 1 e 2, respectivamente. Após a constatação destes valores, no Período 2, foi instalado um aerador para cada BAS. No entanto, para o BAS 2, as concentrações de OD no meio líquido ficaram em média em 1,22 mg/L e 1,85 mg/L no Período 2 e 3, respectivamente, enquanto que para o BAS 1 a concentração de OD aumentou para em média 1,68 mg/L e 3,07 mg/L de OD, no Período 2 e 3, respectivamente (Figura 48).

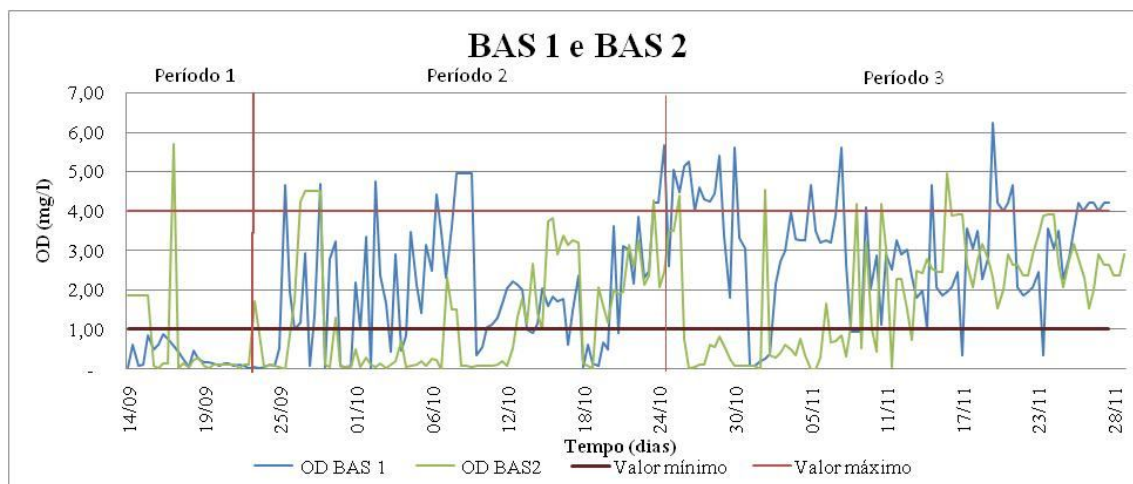


Figura 48: Perfil do oxigênio dissolvido durante o acompanhamento diário do BAS 1 e do BAS 2.

5.4.2 Valores de pH, alcalinidade, cor aparente e cor verdadeira

A Figura 49 apresenta o comportamento do parâmetro pH durante o estudo. Nesta figura foram consideradas apenas as leituras realizadas durante as análises (três vezes por semana). Foi possível observar o aumento do pH do efluente após a passagem pelos reatores. Em vários estudos, os autores realizaram a neutralização do efluente adicionando compostos básicos durante a equalização (ver Tabela 5), no entanto, neste estudo, a neutralização foi efetuada pelo material suporte escolhido. Considerando o período total do estudo, a média do pH afluente ficou em 4,27 e 4,47, para o BAS 1 e 2 respectivamente, enquanto a média efluente foi de aproximadamente 6,7 para ambos os reatores. As médias de pH foram superiores no último período que corresponde a alimentação contínua para ambos os reatores, em que atingiram valores de aproximadamente 7,5.

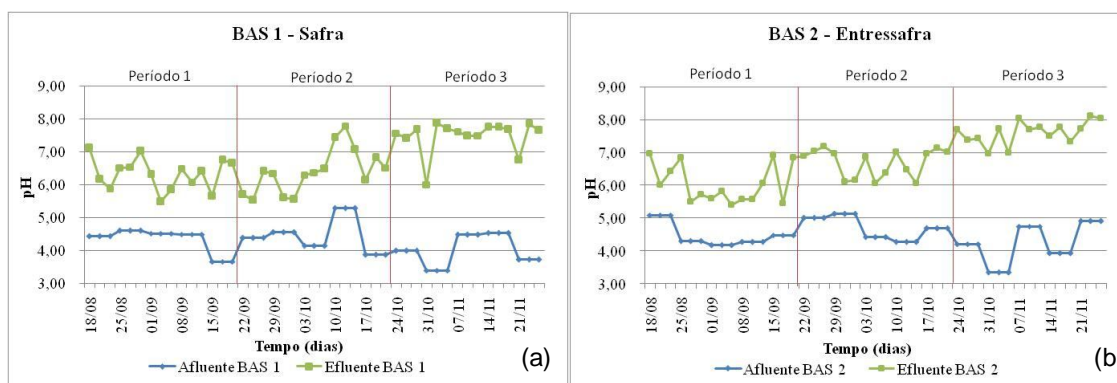


Figura 49: Valores de pH obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.

O comportamento do parâmetro cor pode ser observado na Figura 50. Os valores de cor aparente do efluente foram superiores ao afluente principalmente nos Período 1 e 2, em que a alimentação era feita de maneira descontínua e as amostras para análise eram retiradas no momento da alimentação ocorrendo o arraste de material para o efluente. No Período 3, com a alimentação contínua, foi visível a melhoria da cor nos efluentes de ambos os reatores, demonstrando que a alimentação em pequenos pulsos tem como vantagem o menor arraste de partículas coloidais responsáveis pela cor e outros parâmetros.

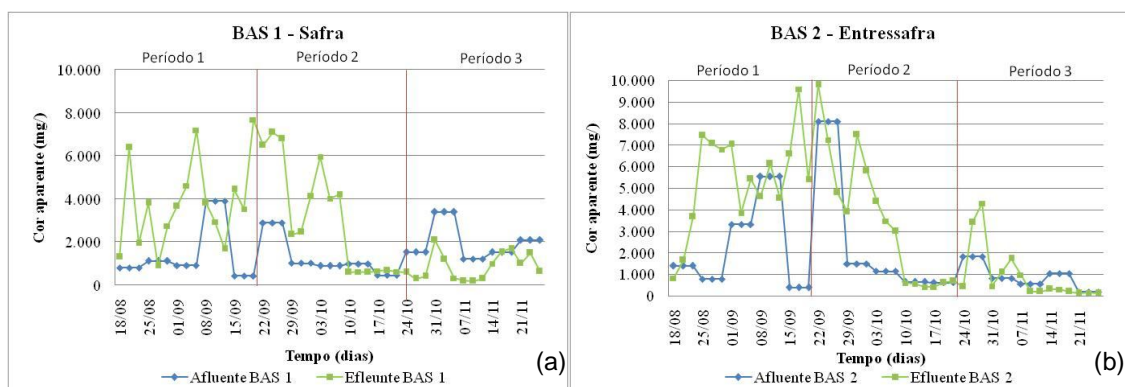


Figura 50: Valores de cor aparente obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.

O comportamento da cor verdadeira é apresentado na Figura 51. Para os valores de cor verdadeira os melhores resultados foram obtidos no BAS 1, que apresentou mais estabilidade no efluente, enquanto o BAS 2 apresentou elevação da cor nas mudanças de períodos. Segundo o Decreto Estadual 14.250/1981 (SANTA CATARINA, 1981), a cor deve ser não objetável, e essa premissa só foi alcançada no Período 3 de operação para ambos os reatores. Nos outros períodos, o efluente apresentou cor verdadeira, muitas vezes associada à turbidez elevada que permanecia mesmo após a preparação da amostra.

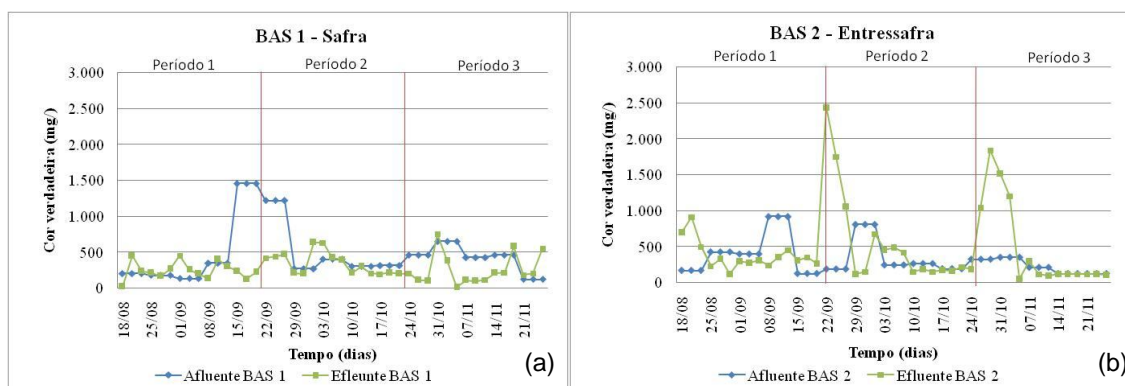


Figura 51: Valores de cor verdadeira obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.

O aumento de cor e de pH havia sido observado em testes preliminares em que o efluente vinícola foi colocado em contato com as conchas, sem aeração ou agitação, conforme pode ser observado na Figura 52. Essa alteração de cor se deve a presença de antocianina, composto extraído da casca da uva, uma substância indicadora que muda de tonalidade em função do pH. Mudanças estruturais ocorrem com a variação do pH e são responsáveis pelo aparecimento das espécies com colorações diferentes, sendo que a antocianinas presentes na uva variam de rosa a lilás em pH entre 1 e 6, lilás azulado em pH 7, cinza azulado em pH 8, roxo a azul entre 9 e 12, verde em pH 13 e amarelo em meio fortemente alcalino (TERCI, ROSSI, 2001).



Figura 52: Alteração de cor efluente vinícola após contato com as conchas.

Com relação a alcalinidade, os valores de alcalinidade afluente se mantiveram na faixa de 12,60 a 78,60 mg/L, enquanto que no efluente os valores foram de 68,00 mg/L a 466,20 mg/L para o BAS 1. Para o BAS 2, a variação da alcalinidade na sua alimentação foi de 2,10 a 283,0 mg/L, superior àquela do BAS 1, enquanto que para o seu efluente a variação foi de 79,00 a 1.575,00 mg/L. O período que apresentou incremento de alcalinidade ao efluente foi o Período 1 para ambos os reatores, coincidindo com o período de maior carga orgânica aplicada.

Deste modo, pode-se inferir que as conchas contribuíram para um acréscimo de em média 180 mg/L de alcalinidade para o BAS 1 e de 318 mg/L para o BAS 2. Esses valores foram superiores aos encontrados por Hoffmann et al. (2005) que, estudando um tanque séptico seguido de lodo ativado por batelada sequencial, concluíram que, com um tempo de detenção de 2 dias e 50 Kg de conchas no tanque séptico, a alcalinidade do esgoto bruto era acrescida em 75 mg CaCO₃/L. Magri, Sezerino e Philippi (2007) também encontraram valores inferiores de acréscimo de alcalinidade quando utilizaram conchas de ostras como material filtrante em

BAS tratando efluente doméstico. Neste caso, a alcalinidade do sistema sofreu acréscimo de, em média, 92,21 mg CaCO /L.

5.4.3 Remoção de DQO e Avaliação das cargas orgânicas

Durante o Período 1, as concentrações de entrada do BAS 1 variaram de 2.260 mgDQO/L a 7.830 mgDQO/L, enquanto na saída as concentrações variaram de 390 mgDQO/L a 6.310 mgDQO/L, conferindo ao sistema a eficiência média de 55 %. No BAS 2, as concentrações de entrada foram ainda mais elevadas, em função das atividades ocorridas na vinícola nos dias de coleta, variando de 4.820 mgDQO/L a 19.240 mgDQO/L, enquanto que, na saída as concentrações variaram de 1.650 mgDQO/L a 15.610 mgDQO/L, conferindo ao sistema a eficiência média de 41 %.

Com relação ao Período 1 de operação, pode-se inferir que as eficiências foram satisfatórias, ao se considerar as baixas concentrações de OD disponíveis no meio líquido neste período (0,43 e 0,91 mg/L para o BAS 1 e BAS 2, respectivamente). Baixas concentrações de OD também foram associadas a baixas remoções de DQO no trabalho realizado por Carvalho Jr. e Povinelli (2005), que, ao utilizarem BAS preenchido com espuma de poliuretano no pós-tratamento de reator anaeróbio, obtiveram eficiência média de 32,4% de remoção de DQO devido a possíveis condições de anaerobiose ocorridas pela ineficiência na câmara de aeração.

Durante o segundo e o terceiro períodos (Período 2 e 3), procurou-se melhorar as condições de aeração e manter as concentrações de entrada inferiores a 6.500 mgDQO/L, o que corresponde a uma carga de 5 kgDQO/m³.d. A principal diferença entre os Período 2 e 3 foi a alimentação, que no Período 2 foi mantida na forma descontínua, semelhante ao Período 1, e no Período 3 permaneceu contínua (vazão aproximada de 2,35 mL/min).

No Período 2, para o BAS 1, as concentrações de entrada variaram entre de 2.970 mgDQO/L a 5.560 mgDQO/L e as saídas obtiveram valores de 630 mgDQO/L a 4.550 mgDQO/L. A eficiência variou em uma faixa de 18 a 80 % (média de 56%), sendo que os valores mais elevados foram obtidos ao final das 5 semanas de operação. Para o BAS 2, as concentrações de entrada variaram de 1.940 mgDQO/L a 4.980 mgDQO/L e as saídas, de 280 mgDQO/L a 2.140 mgDQO/L. A eficiência de remoção de DQO variou em uma faixa de 42 a 79 % (média de 63%).

Os melhores resultados para ambos os biofiltros foram obtidos no Período 3, período no qual houve um controle das cargas de entrada e a alimentação contínua. Neste período, o efluente saiu mais clarificado quando comparado aos períodos anteriores. O mesmo fato ocorreu para Lobos et al. (2007) que, usando um efluente vinícola previamente neutralizado e com o balanço nutricional corrigido, obtiveram melhores remoções de DQO ao operarem de forma contínua um sistema de biorreatores submersos a membrana .

No Período 3, para o BAS 1, as concentrações de entrada variaram de 880 mgDQO/L a 5.840 mgDQO/L e os valores de saída variaram de 75 mgDQO/L a 1.380 mgDQO/L, sendo que a eficiência média do período foi de 90 % de remoção de DQO, variando entre 76 e 97 %. Para o BAS 2, as concentrações de entrada variaram de 800 mgDQO/L a 4.650 mgDQO/L e os valores de saída variaram de 35 mgDQO/L a 1.520 mgDQO/L (valores médios de 488 mgDQO/L). A eficiência média do período foi de 82% de remoção de DQO, variando entre 46 e 97%. O comportamento da DQO durante o período de estudo pode ser observado na Figura 53.

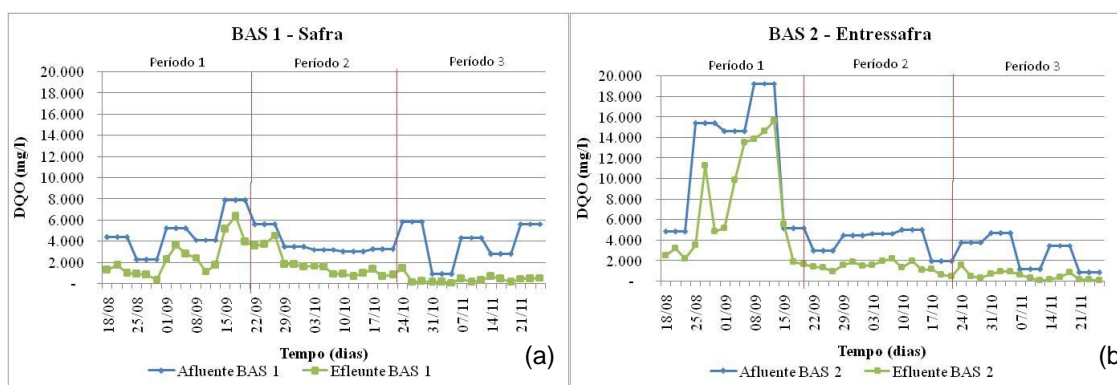


Figura 53: Valores de DQO obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.

A carga orgânica aplicada ao BAS 1 durante as cinco primeiras semanas de operação, correspondente ao 1º Período de alimentação (descontínuo), alcançou 5,9 kgDQO/m³.d (em média 3,6 kgDQO/m³.d). Nesse período, a carga removida foi de, em média, 1,9 kgDQO/m³.d, obtendo-se remoção média de 55% (faixa de 19 – 83%). No Período 2, a carga orgânica aplicada esteve em uma faixa de 2,2 a 4,2 kgDQO/m³.d (2,8 kgDQO/m³.d na média), enquanto a carga orgânica removida média foi de 1,5 kgDQO/m³.d, obtendo-se uma eficiência de remoção de 56%. Na 11ª semana, correspondente ao 3º período, em que a alimentação do sistema passou a ser contínua, a carga orgânica aplicada foi em média 2,9 kgDQO/m³.d (0,7 a 4,4 kgDQO/m³.d), enquanto a carga orgânica removida apresentou

valores entre 0,6 e 4,3 kgDQO/m³.d (2,7 kgDQO/m³.d em média) e a eficiência de remoção chegou a alcançar 97%, mas manteve a média de 90% (variando de 76 a 97 %).

Com relação ao BAS 2, durante as cinco primeiras semanas de operação, correspondente ao 1º Período de alimentação (em batelada), a carga orgânica aplicada alcançou 14,5 kgDQO/m³.d (em média 8,9 kgDQO/m³.d), valor muito elevado para este tipo de sistema. Nesse período a carga removida foi de 3,5 kgDQO/m³.d, obtendo-se um média de remoção de 41% (faixa de 0 – 77%). Este período coincidiu com o período de maior incremento de alcalinidade por parte do material filtrante ao efluente do reator. No Período 2, procurou-se manter, através de diluições com água deionizada, a carga orgânica aplicada em uma faixa inferior a 5,0 kgDQO/m³.d, e os valores mantiveram-se entre 1,5 e 3,7 kgDQO/m³.d (2,8 kgDQO/m³.d em média), enquanto a carga orgânica removida deste período foi em média de 1,8 kgDQO/m³.d, correspondendo a uma eficiência média de remoção de 63% (superior ao BAS 1 durante o mesmo período). A partir do 3º período (alimentação contínua), em que a carga orgânica aplicada foi de, em média, 2,0 kgDQO/m³.d (0,6 a 3,5 kgDQO/m³.d), a carga orgânica removida apresentou valores entre 0,4 a 3,0 kgDQO/m³.d (1,7 kgDQO/m³.d em média), sendo que a eficiência de remoção alcançou 97%, como ocorreu com o BAS 1, mas em média manteve-se inferior, cerca de 82% (variando de 46 a 97%).

As maiores eficiências de remoção de carga orgânica foram observadas no Período 3, em que a remoção média foi de 90% para o BAS 1 e 82% de remoção de DQO para o BAS 2. Andreottola et al. (2005) utilizando para o tratamento de efluente vinícola dois FBBR em sequência preenchidos com material plástico (carga orgânica média de 2,4 kgDQO/m³.d.), obtiveram no primeiro reator eficiência de remoção média de DQO igual a 80%, ou seja, valor próximo ao obtido pelo BAS 2 no 3º período de operação (82%). Andreottola et al. (2005) alcançou 91% de remoção utilizando dois estágios (dois FBBR em sequência), próximo, portanto, ao valor de 90% de remoção alcançado pelo BAS 1, considerando o 3º período de operação e utilizando somente um filtro. Segundo Andreottola et al. (2005), não foi possível alcançar valores maiores de remoção devido à elevada fração não biodegradável da DQO solúvel cerca de 10% da DQO total considerando o ano todo, e infere-se que o mesmo pode ter acontecido neste estudo.

A maior eficiência do BAS 1 em relação ao BAS 2 pode ser explicada pelos estudos de Bruculeri et al. (2005), que afirmam ser a relação DQO rapidamente biodegradável / DQO

total para efluente vinícola igual a 0,3 para o período de entressafra e 0,9 para o período de safra. Nas Figura 54 e Figura 55 são apresentados os valores de carga orgânica afluyente e efluente para o BAS 1 e para o BAS 2, respectivamente, e as eficiências de remoção de carga. Com a aplicação do teste ANOVA para os valores de DQO ficou comprovado que houve diferença estatística entre os três períodos operacionais avaliados para os biofiltros (BAS 1: F calculado $\approx 6,59 > F$ crítico $\approx 3,11$ e BAS 2: F calculado $\approx 49,55 > F$ crítico $\approx 3,11$).

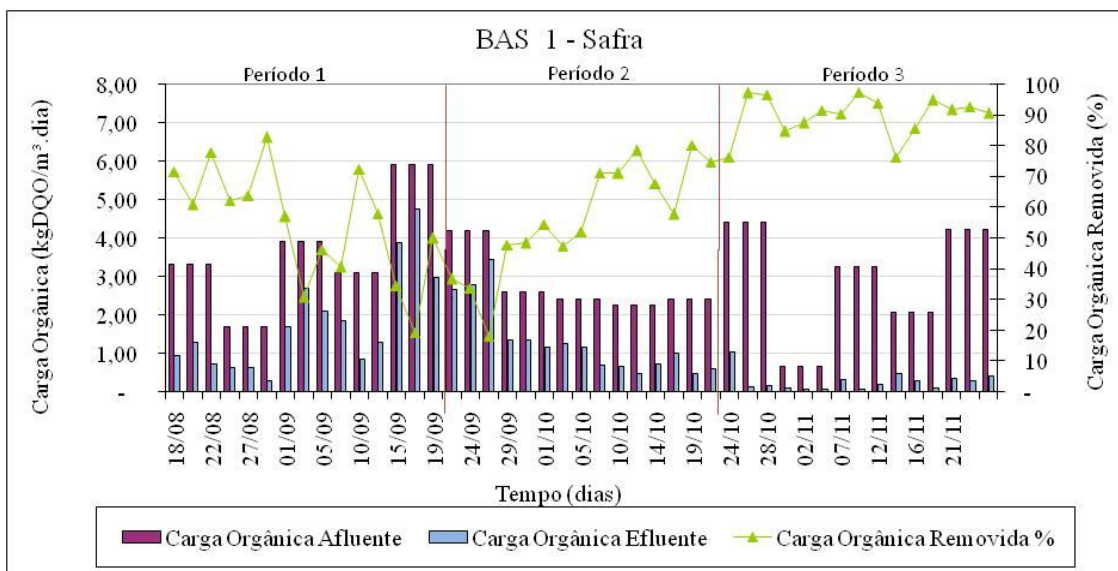


Figura 54: Valores de carga orgânica afluyente e efluente obtidos durante o período de estudo referentes ao BAS 1.

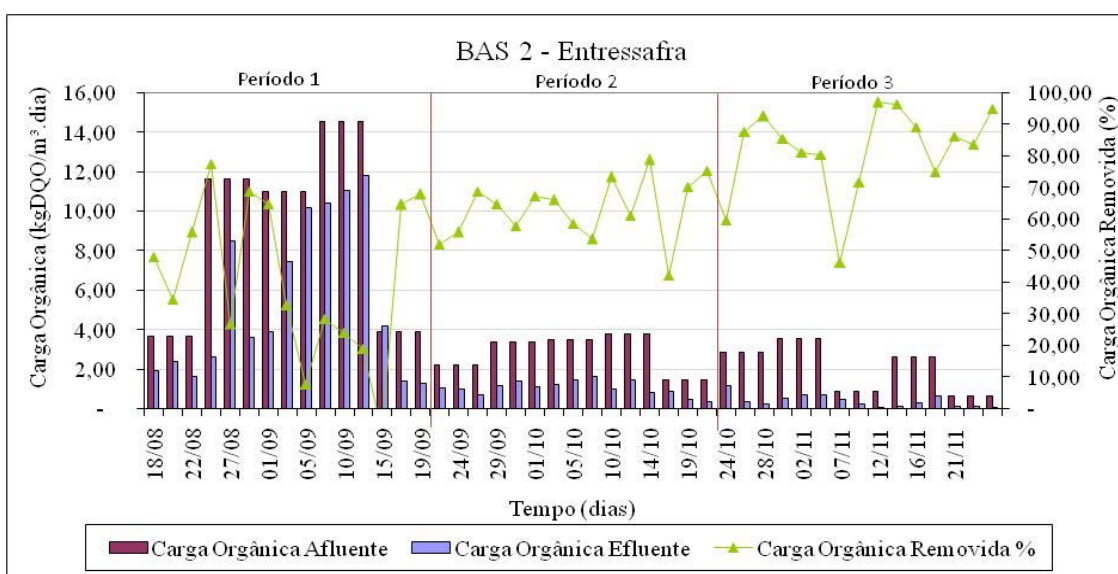


Figura 55: Valores de carga orgânica afluyente e efluente obtidos durante o período de estudo referentes ao BAS 2.

5.4.4 Remoção de nitrogênio, fósforo e sulfato

Segundo Andreottola et al. (2005), em seu experimento utilizado FBBR para o tratamento de efluente vinícola, a remoção de grande parte do nitrogênio e fósforo do efluente ocorre devido a síntese de bactérias heterotróficas, não tendo o autor apresentado, porém, os valores da concentração efluente.

Os valores afluentes (após adição de nutrientes) e efluentes do BAS 1 e BAS 2 estão apresentados na Figura 56, em que VM refere-se ao valor máximo permitido pelo Decreto Estadual 14.250/1981. A adição de nutrientes ao afluente dos BAS foi realizada de forma a suprir o balanço nutricional e permitir o desenvolvimento das células. Em média, foram adicionados 11,9 gNH₄CL/Lote e 2,5 gKH₂PO₄/Lote, dependendo da quantidade necessária para suprir o balanço nutricional. No entanto, mesmo ocorrendo remoção de DQO e crescimento de biofilme em ambos os reatores, a remoção de nutrientes não foi satisfatória, principalmente no BAS 1, em que somente no Período 1 foram observados valores médios positivos de remoção de nitrogênio (53%) enquanto nos outros períodos, considerando os valores médios, não houve remoção de nitrogênio. Para o BAS 2, a remoção média de nitrogênio foi de aproximadamente 31% para os três períodos avaliados.

Quanto às frações de nitrogênio avaliadas para os biofiltros, os valores podem ser observados no Apêndice I separados pelos períodos operacionais. Os elevados valores de NH₃-N estão relacionados com a forma de nitrogênio adicionada (NH₄CL). Contudo, os baixos valores de NO²-N e NO³-N levam a inferir que não ocorria a transformação do nitrogênio adicionado em forma de NH₄ para outras formas, sendo que este estaria sendo assimilado pela biomassa e ficando retido no lodo. Vale ressaltar que não foram realizadas retro lavagens ou descargas de fundo no período de estudo no intuito de manter a biomassa no sistema e propiciar melhores resultados de remoção. Por não ocorrer a retirada da biomassa, quando ocorria a morte das células, elas se depositam ao fundo do reator e é possível que parte do nitrogênio celular retornasse ao meio líquido, ocorrendo então valores de saída de nitrogênio total superiores a entrada daquele período.

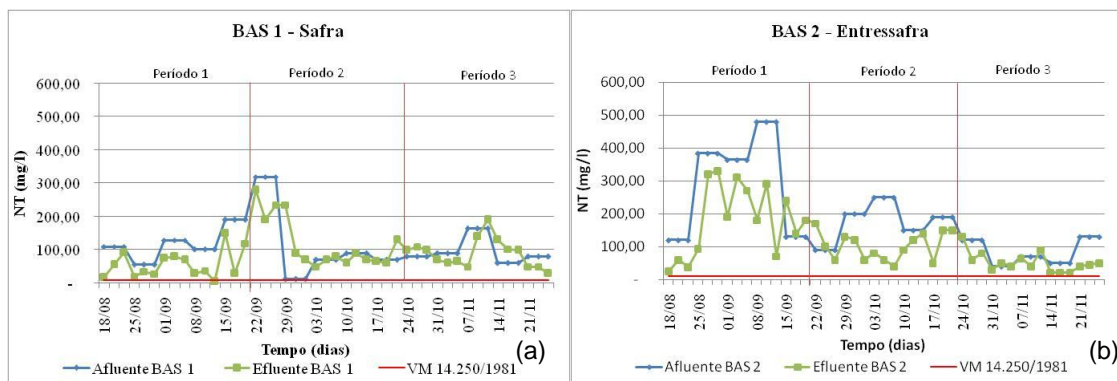


Figura 56: Valores de Nitrogênio total obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.

A remoção de fósforo em reatores com leito suporte pode ocorrer, dentre outras formas, pela via biológica e pela adsorção ao meio suporte. As remoções médias de fósforo foram crescentes ao longo dos períodos para ambos os biofiltros (Figura 57). Para o BAS 1, a eficiência média de remoção para o Período 1 foi de 19,4%, para o Período 2, de 29,3% e para o Período 3, de 58,2%. Para o BAS 2, a eficiência média de remoção foi de 27,1 % para o Período 1, 40,8% para o Período 2 e de 52,6% para o Período 3. Correlacionando os dados de remoção de nitrogênio total e fósforo reativo para o BAS 1, obtém-se o valor de $F \approx 0,545$ e para o BAS 2, o valor $F \approx 0,495$, o que significa dizer que esses dados possuem uma correlação positiva mediana entre seus comportamentos de remoção, o que reforça a possibilidade de que a remoção do fósforo tenha sido por via biológica por bactérias heterotróficas, bem como a remoção de nitrogênio, posto que o pH não elevou-se a ponto de ocorrer a volatilização da amônia e não houve indícios de nitrificação.

Poderiam ser obtidas vantagens com o tratamento de efluentes vinícolas associados ao esgoto doméstico. Uma delas seria a inclusão de nutrientes provenientes do esgoto doméstico, sem que fosse necessária a adição de reagentes para suprir o balanço nutricional do efluente vinícola. Outra vantagem, foi observada por Brucculeri et al. (2005) que, aplicando o co-tratamento efluente esgoto doméstico + efluente vinícola, em um sistema de lodos ativados, obtiveram 65% de remoção média de nitrogênio tanto para o período da safra, quanto para a entressafra .

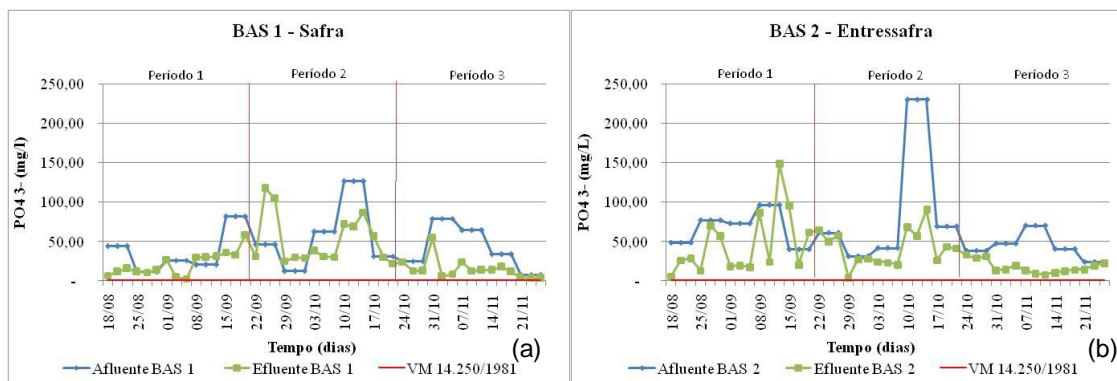


Figura 57: Valores de fósforo reativo obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e BAS 2.

A adição de metabissulfito de potássio é uma das prováveis causas do aparecimento de compostos de enxofre no efluente vinícola. A geração de maus odores ocorrida nos reatores (cheiro de ovo podre), principalmente nos primeiros períodos operacionais, significa que poderia estar ocorrendo à redução de compostos de enxofre a gás sulfídrico. Organismos anaeróbios, como as bactérias redutoras de sulfato (BRS), podem ser responsáveis por essa reação, indicando a possibilidade de estarem ocorrendo sítios anaeróbios nos reatores nos primeiros períodos (Santana et al., 2007), corroborando com os menores valores de oxigênio dissolvido encontrados nos BAS.

No entanto, a presença de sulfato no efluente, ocorrida em alguns momentos, pode significar a presença de oxigênio em quantidade suficiente, pois bactérias oxidadoras de sulfeto a enxofre elementar que utilizem o oxigênio comoceptor final de elétrons, podem produzir sulfato caso oceptor não seja o fator limitante da reação (SANTANA et al., 2007). Na Figura 58 pode-se observar o perfil do comportamento do sulfato durante o funcionamento dos biofiltros.

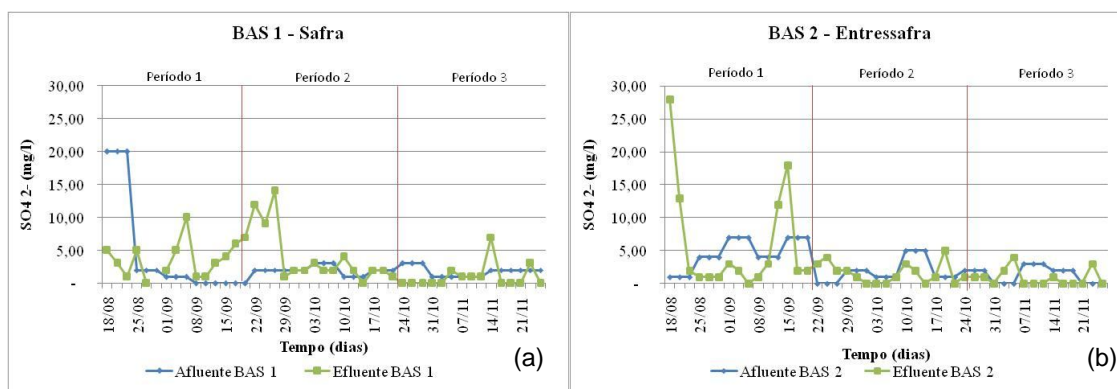


Figura 58: Valores de sulfato obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.

5.4.5 Comportamento dos metais avaliados

O comportamento temporal dos metais avaliados, ferro, cobre e zinco, pode ser visualizado nas Figuras 64 a 66, respectivamente, em que VM refere-se ao valor máximo permitido pelo Decreto Estadual 14.250/1981. De maneira geral, considerando o período total de estudo, o parâmetro ferro foi o único que apresentou remoção dentre os metais, com valores médios de 39% para o BAS 1 e 52% para o BAS 2. A maior taxa de remoção ocorreu no Período 1, em que estava ocorrendo o crescimento do biofilme e a colonização do material filtrante (BAS 1: 52% de remoção de Fe; BAS 2: 67% de remoção de Fe).

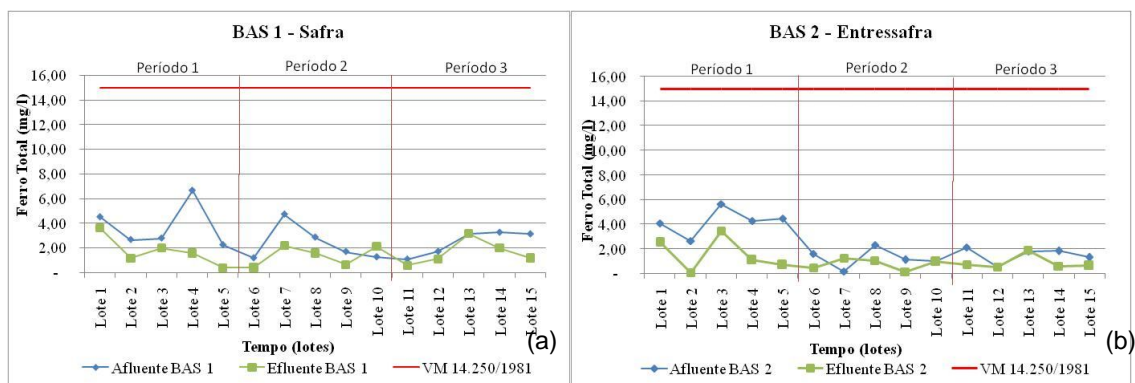


Figura 59: Valores de ferro total obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.

Para o parâmetro cobre não foi observada remoção em nenhum dos períodos operacionais avaliados para ambos os reatores. Para o BAS 2 foi observado incremento na quantidade total de cobre presente nas amostras. O padrão de lançamento para o parâmetro cobre de 0,5 mg/L (Decreto Estadual 14.250/1981) indica que formas de tratamento capazes de remover esse parâmetro devem ser estudadas para este tipo de efluente. Andreatolla et al. (2007), estudaram o método de precipitação química com TMT (2,4,6-trimecaptotriazine) para reduzir a contaminação por cobre e zinco nas redes coletora e obtiveram 96% de remoção de Cu e 77% de remoção de zinco, além de 90% de remoção de TSS e 9% de remoção de DQO.

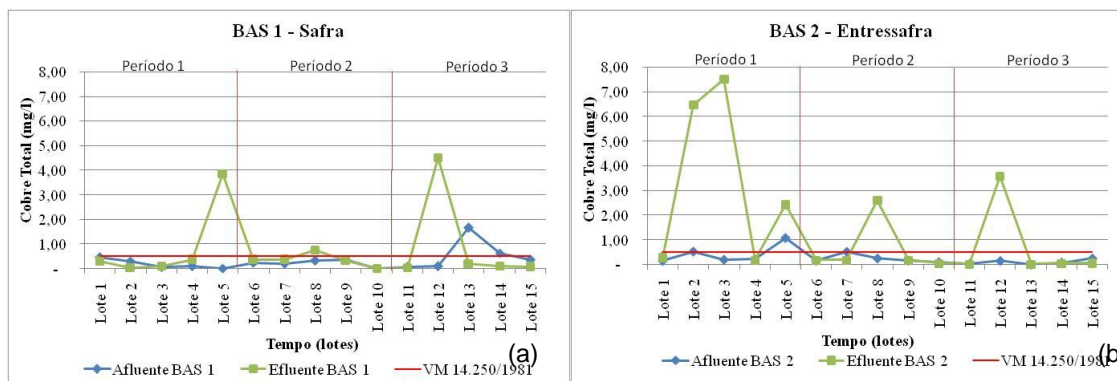


Figura 60: Valores de cobre total obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.

Embora a remoção do parâmetro zinco tenha ocorrido somente no Período 1 (valores médios : BAS 1 = 70% de remoção e BAS 2 = 11% de remoção) e no período 2 (BAS 1 = 53%), os valores médios encontrados para o efluente encontraram-se dentro do limite estabelecido pelo Decreto Estadual 14.250/1981 (1 mg/L de Zinco – SANTA CATARINA, 1981).

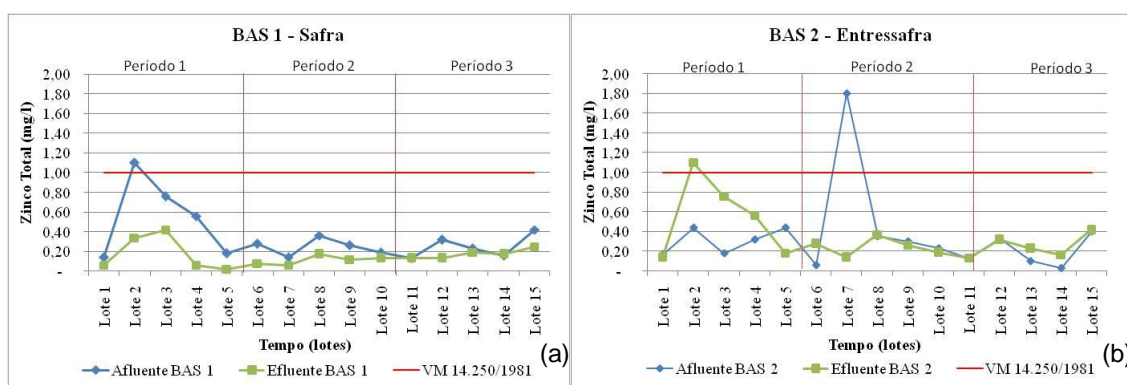


Figura 61: Valores de zinco total obtidos durante o período de estudo referentes a: (a) BAS 1 e (b) BAS 2.

5.4.6 Resumo dos valores encontrados frente ao atendimento aos Padrões de Lançamento de Efluentes

Nas Tabela 21 e Tabela 22, pode-se observar a relação entre os padrões de lançamento exigidos pelo Decreto Estadual 14.250/1981 e atendimento ou não destes padrões pelos resultados obtidos pelo BAS 1 e BAS 2, respectivamente.

Tabela 21: Padrões de lançamento exigidos pelo Decreto Estadual 14.250/1981 e atendimento ou não pelos resultados obtidos pelo BAS 1.

Parâmetros	Valores máximos	BAS 1 - Valores Médios de efluente					
		Período 1	Atende	Período 2	Atende	Período 3	Atende
pH	6,0 a 9,0	6,32	Sim	6,40	Sim	7,48	Sim
DBO (1/2 DQO)	60 mg/L ou 80% de remoção	2.347mg/L e 55% de remoção de DQO	Não	1.750 mg/L e 56% de remoção de DQO	Não	361 mg/L e 90% de remoção de DQO	Sim
Nitrogênio Total	10 mg/L	56,53	Não	118,33	Não	89,87	Não
Fósforo Total	1 mg/L	21,49	Não	51,27	Não	14,67	Não
Ferro ²⁺ solúvel	15,00 mg/L	1,76	Sim	1,39	Sim	1,62	Sim
Cobre Total	0,5 mg/L	0,93	Não	0,37	Sim	0,98	Não
Zinco Total	1,0 mg/L	0,18	Sim	0,11	Sim	0,24	Sim

Tabela 22: Padrões de lançamento exigidos pelo Decreto Estadual 14.250/1981 e atendimento ou não pelos resultados obtidos pelo BAS 2.

Parâmetros	Valores máximos	BAS 2 - Valores Médios de efluente					
		Período 1	Atende	Período 2	Atende	Período 3	Atende
pH	6,0 a 9,0	6,05	Sim	6,68	Sim	7,61	Sim
DBO (1/2DQO)	60 mg/L ou 80% de remoção	7.246 mg/L e 41% de remoção de DQO	Não	1.376 mg/L e 63% de remoção de DQO	Não	488 mg/L e 82% de remoção de DQO	Sim
Nitrogênio Total	10 mg/L	182,33	Não	101,33	Não	52,00	Não
Fósforo Total	1 mg/L	45,95	Não	41,55	Não	17,34	Não
Ferro ²⁺ solúvel	15,00 mg/L	1,57	Sim	0,78	Sim	0,88	Sim
Cobre Total	0,5 mg/L	3,38	Não	0,63	Não	0,74	Não
Zinco Total	1,0 mg/L	0,24	Sim	0,40	Sim	0,24	Sim

5.4.7 Avaliação qualitativa da microbiota ao final do experimento

O estrato superior do BAS 1 (safra) (estrato nº 4) as bactérias apresentaram-se fortemente aderidas, formando um biofilme firme, espesso e compacto, apresentando muita matriz de polissacarídeos. Os microrganismos apresentavam baixa motilidade. Além da baixa diversidade de ciliados, foram encontrados poucos representantes. Foram encontradas ainda bactérias dispersas, cianobactérias coloniais, pequenos zooflagelados e rotíferos e nematóides mortos.

O estrato intermediário do BAS 1 (estrato nº 5) apresentou mais biomassa que o estrato superior, além de apresentar grandes aglomerados bacterianos e grânulos como mostra a Figura 62. A formação de grânulos não é algo comum em reatores aeróbios, no entanto, pode ter ocorrido falta de oxigênio em alguns pontos do leito filtrante, que possibilitaria o surgimento destes grânulos entre as conchas. As conchas apresentaram-se menos resistentes

que no estrato anterior. Nesse estrato foram encontrados poucos ciliados (*Trachelophyllum sp*, *Paramecium sp*, *Lacrimaria sp*), estando, no entanto, em quantidade superior ao estrato anterior. Foram encontrados também rotíferos mortos e uma grande quantidade de *Zooglea*.



Figura 62: Grânulos de biomassa encontrados no BAS 1, estrato nº 5.

No estrato inferior do BAS 1 (estrato nº6), havia muito material depositado, pequenos pedaços de concha além da presença de um grande número de nematóides mortos. Verificou-se ainda uma grande quantidade de biomassa e *Zooglea ramigera*. O biofilme estava mais aderido que nos estratos superiores, observando-se a presença de poucos ciliados (*Paramecium sp*) e a presença de bactérias do enxofre. Pode-se dizer que este reator apresentou baixa diversidade biológica e abundância da microfauna. Considerando os aspectos observados em todos os estratos avaliados, pode-se indicar que o BAS 1 apresentou uma elevada relação A/M, alto tempo de detenção celular e baixas concentrações de OD.

No BAS 2 a biomassa apresentou-se menos aderida que no BAS 1, considerando-se todos os estratos avaliados. A resistência das conchas foi decrescente até o fundo no reator, conforme observado no BAS 1. No entanto, nesse reator houve maior mobilidade dos microrganismos e diversidade de protozoários no primeiro estrato. A biomassa encontrada era mais dispersa e floculada do que aderida ao meio suporte (estrato nº 1), sendo muito similar aos flocos biológicos de sistemas de lodo ativado. Foram encontradas várias espécies de ciliados, bactérias dispersas, bactérias filamentosas não ramificadas, ovos de nematóides, nematóides e rotíferos. O lodo apresentava estrutura adequada, além de idade do lodo elevada e de acordo com a biomassa encontrada, apresentou sucessão microbiológica intermediária e boa oxigenação.

No estrato do meio (estrato nº 2) do BAS 2, o biofilme apresentou-se mais aderido que no estrato anterior e a biomassa apresentou-se mais compactada, embora com maior quantidade de filamentos sinuosos longos não ramificados. Foram encontrados muitos ciliados (*Euplotes*, *Chilodonella* e *Litonotus*) e muitas bactérias dispersas, no entanto, com baixa motilidade. Foram encontrados poucos nematóides e poucos flagelados pequenos, além de nematóides e rotíferos mortos, devido a uma provável limitação de oxigênio. No último estrato (estrato nº 3), em que ocorreu a deposição de material sedimentável, foi observada a presença de muitos organismos mortos, dentre eles metazoários, com metabolismo reduzido e motilidade inferior aos outros estratos. Quando comparado aos estratos anteriores, apresentou menor quantidade e diversidade de ciliados. Houve predomínio de flocos mais compactos e grandes, e alguns filamentos longos e sinuosos.

A partir dessas análises foi possível observar a necessidade de melhoria no sistema de aeração dos biofiltros de modo a manter homogênea e mais elevada a concentração de oxigênio dissolvido no leito filtrante. No entanto, a existência de zonas anaeróbias é comum em sistemas de biofilmes (MAIORANO et al., 2005) e pode ser até ser favorável à ocorrência de algumas reações. Entretanto estas zonas não devem prejudicar a eficiência total do sistema. Observou-se também que o meio suporte funcionou como forma de manter a biomassa no reator, em alguns casos, sem que a biomassa necessariamente ficasse aderida a ele.

6 CONCLUSÃO

As conclusões do trabalho são apresentadas a seguir, relacionadas a cada objetivo proposto.

(a) Mapear o processo produtivo e identificar os resíduos sólidos gerados na indústria vinícola:

Esta etapa permitiu avaliar as entradas de matérias-primas e insumos e saída de resíduos em todos os processos envolvidos na produção de vinho. O processo produtivo, conforme detalhado nos resultados, é típico das vinícolas da região. Os resíduos gerados no processo produtivo da empresa são: bagaço (sementes e cascas), engaço, borras de decantação e terra de filtração.

(b) Caracterizar, de maneira qualitativa e quantitativa, os efluentes produzidos pelo processo de fabricação de vinhos, em dois momentos distintos: a safra e a entressafra:

O consumo médio de água identificado foi igual a 2,9 m³/hora. As atividades que apresentaram valores médios mais elevados de consumo foram as atividades de lavagem do filtro, com 6,0 m³/h, lavagem das pipas e do piso, com 6,4 m³/h e 5,2 m³/h, respectivamente, bem como a lavagem da prensa com 6,1 m³/h.

A eficiência de consumo das máquinas de lavagem de garrafas e garrafões (1,2 L/L de volume de recipiente) poderia ser melhorada através da regulagem dos dispositivos e válvulas, e até mesmo a partir da instalação de válvulas automáticas que cortem o fluxo quando houver paradas por falta de energia. As melhorias poderiam ser estendidas ao uso total de água na vinícola (1,78 litros de água por litro de vinho produzido), através da instalação de mangueiras de alta pressão e com fechamento automático, limpeza com hidrojato e treinamento dos funcionários.

(c) Caracterizar, de maneira qualitativa e quantitativa, os efluentes produzidos pelo processo de fabricação de vinhos, em dois momentos distintos: a safra e a entressafra:

O efluente vinícola da região oeste de Santa Catarina apresenta pH médio de 4,50 e alcalinidade média de 60,4 mgCaCO₃/L, exigindo neutralização para um tratamento biológico. Os resultados da Amostragem Composta não apresentaram diferenças

significativas entre os períodos de safra e entressafra com base no teste Anova. O valor mediano obtido durante a safra foi de 9.090 mgDQO/L e na entressafra de 8.260 mgDQO/L.

Considerando a Amostragem Composta, a relação DBO/N/P apresentada no período da safra foi de 100/0,18/0,24 e para a entressafra a relação 100/0,29/0,23. A relação obtida para o período total de estudo foi de 100/0,25/0,25, demonstrando a necessidade de adequação do balanço nutricional antes de encaminhar ao tratamento biológico. A relação DBO₅/DQO para o efluente vinícola enriquecido de nutrientes foi de 0,75 e de 0,15 para o efluente bruto, o que comprovou que o efluente é carente de nutrientes e muito biodegradável.

As operações de lavagem dos filtros (carga orgânica média de 16,38 kgDQO/m³), lavagem das pipas (carga orgânica média de 8,30 kgDQO/m³), lavagem da prensa (carga orgânica média de 7,72 kgDQO/m³), e lavagens do piso (carga orgânica média de 10,80 kgDQO/m³) foram as grandes responsáveis pela geração de efluentes com elevada carga orgânica. As variações demonstradas pelos resultados das amostragens confirmam a necessidade de equalização do efluente antes de um sistema de tratamento para amortização de vazões e cargas picos.

(b) Estudar a aplicação do Biofiltro Aerado Submerso (BAS), em escala laboratorial, para o tratamento dos efluentes da viticultura durante o período da safra e entressafra:

Os estudos de laboratório conduzidos em escala de bancada permitiram observar que as conchas de ostras contribuíram para um acréscimo de em média 180 mg/L e 318 mg/L de alcalinidade para os BAS 1 e 2, respectivamente.

Os melhores resultados de remoção de DQO foram alcançados com a alimentação contínua dos reatores e cargas variando de 0,5 a 4,5 kg/DQO.dia para o BAS 1 e 0,5 a 3,5 kg/DQO.dia para o BAS 2. Nestas condições a eficiência alcançada para remoção de DQO foi de 90% para o BAS 1, enquanto para o BAS 2 foi de 82% .

No BAS 1 não houve remoção de nitrogênio e no BAS 2 a remoção média foi de aproximadamente 31% para os três períodos avaliados. Quanto ao parâmetro fósforo a eficiência média de remoção foi maior para o período em que a alimentação foi contínua, em que para o BAS 1 se alcançou 58% e para o BAS 2, 53% no Período 3.

Quanto aos metais, os valores médios de ferro no efluente tratado foram de 1,59 e 1,08 mg/L para o BAS 1 e BAS 2, respectivamente, e 0,29 mg/L de zinco para ambos os biofiltros, estando de acordo com o exigido pelo Decreto 14.250/1981. No entanto, a concentração de cobre no efluente tratado esteve acima do exigido pela legislação, sendo 0,76 e 1,58 mg/L para o BAS 1 e BAS 2, respectivamente.

Por fim, o trabalho desenvolvido é relevante por levantar a problemática da poluição causada pela produção de vinho na região do Vale do Rio do Peixe e por representar os primeiros estudos no Brasil do potencial da tecnologia Biofiltro Aerado Submerso para o tratamento do efluente vinícola.

7 RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS

Considerando algumas limitações encontradas no desenvolvimento do tema proposto, sugerem-se os seguintes estudos visando o aprimoramento do mesmo:

- (a) Levantamento quantitativo da produção de resíduos da vinicultura na Região do Vale do Rio do Peixe que possibilitem o aproveitamento comercial dos resíduos.
- (b) Estudar a viabilidade técnica e econômica do uso de conchas de ostras como material filtrante de Biofiltros Aerados Submersos na Região do Vale do Rio Peixe.
- (c) Considerar a possibilidade de combinar o efluente vinícola com efluente doméstico para o aporte de nitrogênio e fósforo.
- (d) Continuar os estudos do sistema em escala piloto para comprovar o potencial da tecnologia no tratamento do efluente.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1997). Projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementares e disposição final dos efluentes de tanques sépticos: procedimentos. **NBR 13969**. Rio de Janeiro: ABNT. 57p.

ARNAIZ, C. et al. Start up of an anaerobic inverse turbulent bed reactor fed with wine distillery wastewater using pre-colonised bioparticles. **Water Science & Technology**, v. 51, n. 1, p. 153–158, 2005.

ANDREOTOLLA, G. et al. Treatment of winery wastewater in o sequencing batch biofilm reactor. **Water Science & Technology**, v. 45, n. 12, p. 347-354, 2002.

ANDREOTTOLA, G. et al. (a) Método respirométrico para monitoramento de processos biológicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n.1, p.14-23, 2005.

ANDREOTTOLA, G. et al. (b) Treatment of winery wastewater in a full-scale fixed bed biofilm reactor. **Water Science & Technology**, v. 51, n. 1, p. 71–79, 2005.

ANDREOTOLLA, G. et al. Heavy metal removal from winery wastewater in the case of restrictive discharge regulation. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 111–120, 2007.

APHA. Standart Methods for the Examination of Water and Wastwater. 21th ed. Washinton, DC – EUA: Ed. American Public Health Association. 2005.

ARTIGA, P. et al. Treatment of winery wastewaters in a membrane submerged bioreactor. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 63–70, 2007.

ARVANITTOYANNIS, I. S.; LADAS, D. MAVROMATIS, A. Wine waste treatment methodology. **International Journal of Food Science Technology**, vol. 41, p. 1117, 2006.

BOLZONELLA, D. et al. Treatment of winery wastewater in a conventional municipal activated sludge process: a five year of experience. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 79–87, 2007.

BORIES, A.; SIRE, Y.; COLIN, T. Odorus compounds treatment of winery and distillery effluents during natural evaporation in ponds. **Water Science & Technology**, v. 51, n. 1, p. 129 –136, 2005.

BRANDÃO, H. L. **Transferência de massa no processo de biodegradação de efluentes líquidos em reatores com biofilme**. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BRASIL. Lei 7.678/1988 (Lei ordinária) 08/11/1988. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e da outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 09 nov. 1988. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/1980-1988/L7678.htm>. Acesso em: 26 fev. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357** de 17 de março de 2005. 2005.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei Nº 9433 de 8 de janeiro de 1997. Secretaria dos Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm> Acesso em 12 maio 2007.

BRASIL. Congresso. Senado. Projeto de lei do Senado Nº , de 2004. disponível em: <<http://www.senado.gov.br/sf/atividade/Materia/getHTML.asp?t=1962>> Acesso em 12 maio 2007

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Uva e Vinho. **Vitivinicultura Brasileira: Panorama 2006**. Pesquisadora da Área de Sócio-Economia da Loiva Maria Ribeiro de Mello. Artigo Técnico disponibilizado em 04/04/07 na página <<http://www.cnpuv.embrapa.br/>> Acesso em: 12 maio 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Uva e Vinho. **Sistema de Produção: Graspá**. Autores: Júlio Meneguzzo, Luiz Antenor Rizzon, Vitor Manfroi. Artigo Técnico disponibilizado em ago 2006 na página <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/Graspá/index.htm>> Acesso em 02 dez 2008.

BRDE. Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. Agência de Florianópolis. Gerência de Planejamento. **Vitivinicultura em Santa Catarina: situação atual e perspectivas**. Florianópolis: BRDE, 2005. 83 p.

BRUCCULERI, M. et al. Treatment of mixed municipal and winery wastewaters in a conventional activated sludge process: a case study. **Water Science & Technology**, v. 51, n. 1, p. 89–98, 2005.

BUSTAMANTE, M.A et al. Uses of winery and distillery effluents in agriculture: characterization of nutrient and hazardous components. **Water Science & Technology**, v. 51, n. 1, p. 145 –151, 2005.

CARVALHO JR. O., POVINELLI, J. Biofiltro aeróbio submerso empregado no pós-tratamento do efluente de reator anaeróbio compartimentado. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande. **Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande: ABES, p. 1-11, 2005.

CANLER, J.P et al. Traitment biologique aerobie par basin en serie des effluents vinicoles. Proceedings 2nd Congres International sur le Traitment des Effluents Vinicoles, Bordeaux, May 5-7. In: BOLZONELLA, D. et al. Treatment of winery wastewater in a conventional municipal activated sludge process: a five year of experience. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 79–87, 2007.

CHARACKLIS, W.G.; MARSHALL, K.C. Biofilms. John Wiley & Sons, INC. 1989. In: MAIORANO, Alfredo Eduardo et al. Influência das condições de aeração no tratamento de efluentes fenólicos com biofilmes em reator aeróbio. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, Dec. 2005 .

CHERNICHARO. C. A. L. **Pós-tratamento de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: [s.n], 544p. 2001.

CHILE, Governo do. **Acuerdo de Producción Limpia de la Industria Vitivinícola Chilena**. 2003.

COHEN, Y. Biofiltration – the treatment of fluids by microorganisms immobilized into the filter bedding material: a review. **Bioresource Technology**, v. 77, p. 257-274, 2001.

COLIN, T. et al. Treatment and valorization of winery wastewater by a new biophysical process (ECCF). **Water Science & Technology**, v. 51, n. 1, p. 99–106, 2005.

COSTA, J. E.; BELCHIOR, A.P. Laboração e utilização dos produtos secundários da vinificação. Relatório Nacional, Lisboa, 1972. In: SILVA, L. M. L. R. Caracterização dos subprodutos da vinificação. **Revista Millenium**, n. 28, p. 123, 2003. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millenium>>. Acesso em: 29 jan 2008.

DANTAS, F. R., et al. Composição química e características fermentativas de silagens de maniçoba (*Manihot* SP.) com percentuais de co-produto de vitivinícolas desidratado. **Rev. Bras. Saúde Produção Animal**, v. 9, n.2, p.247-257, abr/jun, 2008.

DOMINGUES, L. M; SECO, E.L.V.; NOUR, E. A. A. Partida de um sistema combinado filtro anaeróbio - biofiltro aerado submerso tratando esgoto sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande. **Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande: ABES, 2005. p. 1-7.

EPA - South Australian Environment Protection Authority. **EPA Guidelines for Wineries and Distilleries**. EPA, Adelaide, 2004. Disponível em:<http://www.epa.sa.gov.au/pub_list.html> Acesso em: 12 maio 2007

EPAGRI - Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina. **Normas Técnicas para o Cultivo da Videira em Santa Catarina**. Gerência Regional Videira. Frutas de Clima Temperado. Videira – SC, 2000.

EUSÉBIO, A. et al. Microflora evaluation of two agro-industrial effluents treated by JACTO jet-loop type reactor system. **Water Science & Technology**, v. 51, n. 1, p. 107–112, 2005.

FERNÁNDEZ, B. et al. Characterization, management and treatment of wastewater from white wine production. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 121– 128, 2007.

GRADY. C.P. L.; DAIGGER, G.T.; LIM, H.C. **Biological Wastewater Treatment**. New York: Marcel Dekker, p. 1076, 1999.

GUERRA, C. C.; BARNABÉ, D. Vinho In: Filho, W. G. V.(Coord.). **Tecnologias de Bebidas**. São Paulo; Editora Edgard Blüncher, 2005. p. 423-450.

HASHIZUME, T. Tecnologias do Vinho. In: LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. AQUARONE, et al. **Biotecnologia industrial** - volume 4: Tecnologia das fermentações Editora Edgard Blüncher, 1975. 248 p. p. 21- 68.

HIRAKAWA, C.; PIVELI, R. P.; ALÉM SOBRINHO, P. Biofiltro Aerado Submerso aplicado ao pós-tratamento de efluente de reator UASB – estudo em escala piloto com esgoto sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 7, n. 1 e 2, p. 82-94, 2002.

HENZE, M.; HARREMOËS, P. Biofilters. In: HENZE, M., HARREMOËS, P., ARVIN, E. **Wastewater treatment: biological and chemical process**. Denmark: Springer, p. 143-191, 1996.

HOFFMANN, H., COSTA, T. B., WOLFF, D. B., PLATZER, C., e COSTA, R. H. R. Uso de Cascas de Ostras para Estabilização de Processos Aeróbios de Tratamento de Esgotos com Baixa Alcalinidade. In: **23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. MS, Campo Grande, 7 p. 2005.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4ed. Editora: SEGRAC, Rio de Janeiro, 932 p. 2005.

LANDLINE - Wine waste makes for healthier icecream. Disponível em: < <http://www.abc.net.au/Landline/content/2004/s1105960.htm> > Acesso em: 29 ago 2007.

LIMA, F. P. **Energia no tratamento de esgoto**: análise tecnológica e institucional para conservação de energia e uso do biogás. 139p. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. São Paulo, 2005.

LOBOS, J. et al. Continuous and sequencing membrane bioreactors applied to food industry effluent treatment. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 71–77, 2007.

MADONI, P. a Sludge biotic index for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Water Research*, 28, p 67 – 75, 1994 In: [s.n] **Microbiologia de lodos ativados**. São Paulo: CETESB, 1997.

MAGRI, M. E.; SEZERINO, P. H.; PHILIPPI, L. S. Aplicação de biofiltros aerados submersos com os meios suportes: cascas de ostras e tampas de polietileno, no pós-tratamento de efluentes de um tanque séptico. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte. **Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Belo Horizonte: ABES, 2007. p. 1-11.

MELAMANE, X.L.; TANDLICH, R.; BURGESS, J.E. Treatmetn of wine distillery wastewater by high rate anaerobic digestion. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 9–16, 2007.

MELLO, J. M. M. **Biodegradação de compostos BTEX em um reator com biofilme**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MELLO, E. T. de, PAWLOWSKY, U. Minimização de resíduos em uma indústria de bebidas. **Brasil Alimentos eletrônica**, v. 17, p. 24 -29, 2002.

MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I. Água na indústria: uso racional e reuso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MOLETTA, R. **Winery and distillery wastewater treatment by anaerobic digestion. Water Science and Technology**, v. 51, n 1, p. 137-144, 2005.

MOLINA, F et al. Winery effluent treatment at an anaerobic hybrid ESBF pilot plant under normal and abnormal operation. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 25–32, 2007.

MULIDZI, A. R. Winery wastewater treatment by constructed wetlands and use of treated wastewater for cash crop production. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 103–110, 2007.

MUSEE, N.; LORENZEN, L.; ALDRICH, C. Cellar waste minimization in the wine industry: a systems approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 417 – 431. 2005.

NASCENTES, A. L.; ROQUE, O. C. Otimização de sistema UASB + Filtro Biológico em escala reduzida tratando esgotos sanitários. (2003). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville. **Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Joinville: ABES, 2003. p. 1-7.

PETRUCCIOLI, M. et al. Aerobic treatment of winery wastewater using a jet-loop activated sludge reactor. **Process Biochemistry**. Vol. 37, n. 8, p. 821-829. 2001.

ROCHARD, J. (coord.) **Cahier Scientifique et Technique - Gestion des effluents de cave et de distillerie**. Office International de la Vigne et du Vin, France, Paris, 1999.

RODRIGUES, A. C. et al. **Tratamento de efluentes líquidos na indústria alimentar: o caso dos sectores vinícola e cervejeiro**. 2º Seminário de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais: novos desafios para o século XXI, UTAD, Vila Real, Portugal: Outubro, 2004.

RODRIGUES, A.C., et al. Tratamento de efluentes vitivinícolas; um caso de estudo na região dos vinhos verdes. **Indústria e Ambiente**, n 40, p. 20-25, 2006.

ROSIER, J. P. **Manual de elaboração de vinho para pequenas cantinas**. 2 ed. Florianópolis: Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina, 1995.

SANTA CATARINA. **Decreto Estadual nº 14.250/81**, de 05 de junho de 1981.

SANTANA, F. et al. Remoção de enxofre. In: SCHIMEDELL, W. et al. **Tratamento biológico de águas residuárias**. Florianópolis, Paper Print, 720 p, 2007.

SANTOS, M. S. dos. **Cervejas e refrigerantes**. São Paulo: CETESB, 58 p., 2005. Disponível em : <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 16 dez 2008

SHELI, C.; MOLETTA, R. Anaerobic treatment of vinasses by a sequentially mixed moving bed biofilm reactor. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 1–8, 2007.

SILVA, L. M. L. R. Caracterização dos subprodutos da vinificação. **Revista Millenium**, n. 28, p. 123, 2003. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millenium>>. Acesso em: 29 jan 2008.

SINDIVINHO. Dados das Cantinas. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <angelaortigara@hotmail.com>. Em: 21 ago. 2007.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução? **Quím. Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, July 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000400026&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 Jan. 2009. doi: 10.1590/S0100-40422002000400026.

THANIKAL, J. V. et al. Treatment of distillery vinasse in a high rate anaerobic reactor using low density polyethylene supports. **Water Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 17–24, 2007.

TORRIJOS, M.; MOLETTA, R. Efluentes vinícolas y procedimientos de tratamiento. **In: Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos**, C. Flanzky (ed.), AMV Ediciones-Mundi Prensa, Madri, p. 769-783, 2000.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª São Paulo: Departamento de Engenharia e Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

VAN DER LEEDEN, F.; TROISE, F. L.; TOLD, D. K. The water encyclopedia. 2 ed. Michigan: Lewis Publishers, 1990. In: *Água na indústria: uso racional e reuso*. MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

VAZOLLÉR, R. F. **Microbiologia de Lodos Ativados**. São Paulo: CETESB, 1989.

VAZOLLÉR, R. F. **Microbiologia de Lodos Ativados**. São Paulo: CETESB, 1989. In: [s.n] **Microbiologia de lodos ativados**. São Paulo: CETESB, 1997.

VLYSSIDES A. G; BARAMPOUTI E. M.; MAI S. Wastewater characteristics from Greek wineries and distilleries. **Water Science & Technology**, v. 51, n.1, p. 53-60, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 452, 2005.

WIKIPEDIA. Busca por Municípios – Iomerê Santa Catarina. Disponível em: <http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:SantaCatarina_Municip_Iomere.svg> Acesso em 02 jul 2008

VON SPERLING, M. **Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lagoas de Estabilização**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p 134, 1996.

XAVIER, J. B. et al. Monitorização e modelação da estrutura de biofilmes. **Boletim de Biotecnologia**. n. 76, p. 2-13, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE I

A – Questionário aplicado ao gerente da vinícola para obtenção de dados quantitativos

1- Qual é a Área Construída total (m²):

Área construída escritório (m²):

Área construída pipas (m²):

Área construída engarrafamento (m²):

Área construída lavação (m²):

Área de terreno livre (m²):

2- Litros de vinhos produzidos:

	Branco	Tinto
Vinho Comum		
Vinho de Mesa		
Vinho Fino		
Coquetel		
Espumante		

3- Vendas de vinho em litros

	Vinho comum	Bordô/niagará	Vinhos finos	Espumante	A granel
Janeiro					
Fevereiro					
Março					
Abril					
Mai					
Junho					
Julho					
Agosto					
Setembro					
Outubro					
Novembro					
Dezembro					

4- Qual é o destino dado a:

- engaço:
- bagaço:
- casca:
- semente:
- borra:
- grúpula (tartarato):
- garrafas quebradas:
- galões vazios de produtos enológicos:

5- Quantidade total de uva recebida durante a safra (kg):

Quilos de uva branca recebida:

Quilos de uva tinta recebida:

6- Quantidade de vinho comprado a granel em litros:

Vinho branco:

Vinho tinto:

7- Quantidade produzida de grúpula esse ano e valor recebido da venda desse subproduto?

8- Quantidade comprada ou recebida:

- Garrações usados:

- Garrafas PET:

- Garrafas novas de vidro:

APÊNDICE II

- A - Resultados médios dos 21 dias de coleta realizados para Amostragem Horária.
- B - Resumo estatístico das 70 análises realizadas para Amostragem Horária durante a safra.
- C - Resumo estatístico das 140 análises realizadas para Amostragem Horária durante a entressafra.

A - Resultados médios dos 21 dias de coleta realizados para Amostragem Horária.

Amostragem	pH	T (°C)	DQO (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NT (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)
AH1 – 11/02	5,00	23,56	6.117,00	0,99	8,90	10,41
AH2 – 21/02	5,00	26,10	10.746,89	0,93	22,58	16,17
AH3 – 03/03	4,90	23,70	13.932,30	0,80	23,00	20,37
AH4 – 06/03	4,78	21,41	4.230,00	3,45	10,33	13,17
AH5 – 11/03	4,86	25,50	5.386,36	2,44	7,10	8,43
AH6 – 14/03	4,66	24,06	14.450,38	3,01	31,78	24,00
AH7 – 18/03	4,57	24,60	9.846,00	2,30	8,00	13,02
AH8 – 11/04	5,09	23,65	6.408,50	0,60	18,50	9,60
AH9 – 23/04	5,94	21,60	1.196,20	1,32	21,44	21,07
AH10 – 06/05	5,93	18,80	3.301,90	6,91	18,50	25,27
AH11 – 14/05	4,49	19,00	9.129,20	0,71	14,70	36,72
AH12 – 03/06	4,75	16,40	4.573,90	0,16	8,00	4,86
AH13 – 17/06	5,49	18,85	7.961,00	0,84	14,90	9,54
AH14 – 10/07	5,67	21,80	1.723,70	0,86	6,78	2,36
AH15 – 29/07	4,72	23,80	6.098,21	1,42	7,46	20,67
AH16 – 08/08	5,80	22,00	4.871,90	0,60	5,63	8,17
AH17 – 21/08	6,23	19,88	3.436,70	0,53	5,90	7,88
AH18 – 01/09	5,22	19,90	6.889,60	0,57	5,10	9,70
AH19 – 22/10	6,39	21,50	1.738,00	0,30	9,50	3,73
AH20 – 14/11	7,02	20,00	1.741,11	0,22	47,11	1,56
AH21 – 03/12	5,01	23,20	5.626,00	0,43	28,00	5,38

B - Resumo estatístico das 70 análises realizadas para Amostragem Horária durante a safra.

Parâmetros	pH	T (°C)	DQO (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NT (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Mínimo	3,00	20,00	110,0	0,10	1,00	0,10
Quartil 1	4,03	22,00	1.295,3	0,53	4,29	2,40
Mediana	4,80	23,00	3.829,0	1,90	11,43	5,45
Quartil 3	5,19	25,00	12.395,0	2,40	23,00	21,08
Máximo	7,14	32,00	46.200,0	25,80	82,00	104,20
Média	4,83	24,16	9.232,2	2,01	17,09	14,98
Desvio Padrão	0,94	2,90	11.263,1	3,11	17,92	21,34

C - Resumo estatístico das 140 análises realizadas para Amostragem Horária durante a entressafra.

Parâmetros	pH	T (°C)	DQO (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NT (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Mínimo	3,20	14,00	28,00	0,00	0,00	0,00
Quartil 1	4,48	18,00	891,50	0,10	4,00	1,20
Mediana	5,23	20,00	2.300,00	0,40	8,00	2,80
Quartil 3	6,71	23,13	6.023,75	0,90	16,00	9,25
Máximo	8,23	30,00	30.400,00	48,00	210,00	203,00
Média	5,49	20,79	4.621,14	1,11	14,88	11,97
Desvio Padrão	1,26	3,41	5.933,96	4,15	24,51	29,80

APÊNDICE III

- A - Resumo estatístico das análises para avaliação do BAS 1 e BAS 2, considerando o período total.
- B - Resumo estatístico das análises para avaliação do BAS 1 e BAS 2, considerando o Período 1.
- C - Resumo estatístico das análises para avaliação do BAS 1 e BAS 2, considerando o Período 2.
- D - Resumo estatístico das análises para avaliação do BAS 1 e BAS 2, considerando o Período 3.

A - Resumo estatístico das análises para avaliação do BAS 1 e BAS 2, considerando o período total.

Período Total - BAS 1 - Safra													
Parâmetros	Mínimo		Mediana		Máximo		Média ± Desvio Padrão				N*		
	Afluyente	Efleunte	Afluyente	Efleunte	Afluyente	Efleunte	Afluyente		Efleunte				
pH	3,39	5,47	4,43	6,54	5,28	7,87	4,27	±	0,46	6,73	±	0,76	45,00
Alcalinidade	12,60	68,00	47,25	198,45	75,60	466,20	47,64	±	18,61	228,07	±	102,04	45,00
Cor Aparente	440,00	201,00	1.130,00	1.700,00	3.900,00	7.680,00	1.552,47	±	1.035,14	2.604,54	±	2.255,98	45,00
Cor Verdadeira	120,00	10,00	348,00	212,00	1.457,00	750,00	462,13	±	376,15	278,76	±	169,95	45,00
DQO (mg/L)	880,00	75,00	7.830,00	960,00	7.830,00	6.310,00	4.099,33	±	1.682,71	1.486,42	±	1.466,49	45,00
NT (mg/L)	13,00	6,00	90,00	70,00	320,00	280,00	108,40	±	71,27	88,24	±	60,40	45,00
NH ₃ -N (mg/L)	27,90	0,20	64,00	36,00	241,00	192,00	85,91	±	55,87	46,16	±	42,39	45,00
NO ₂ -N (mg/L)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,20	0,01	±	0,00	0,02	±	0,04	45,00
NO ₃ -N (mg/L)	0,40	0,00	2,80	0,80	5,20	10,10	2,57	±	1,30	2,19	±	2,77	45,00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	7,50	2,80	33,50	24,00	126,00	117,00	44,61	±	32,04	29,14	±	26,27	45,00
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,00	0,00	2,00	2,00	20,00	14,00	2,80	±	4,73	2,86	±	3,35	45,00
Fe Total (mg/L)	1,08	0,40	2,78	1,59	6,64	3,62	2,86	±	1,52	1,59	±	0,96	45,00
Cu Total (mg/L)	0,02	0,02	0,25	0,29	1,66	4,51	0,33	±	0,41	0,76	±	1,41	45,00
Zn Total (mg/L)	0,03	0,08	0,30	0,20	1,80	1,28	0,35	±	0,42	0,29	±	0,30	45,00

Período Total - BAS 2 -Entressafra													
Parâmetros	Mínimo		Mediana		Máximo		Média ± Desvio Padrão				N*		
	Afluyente	Efleunte	Afluyente	Efleunte	Afluyente	Efleunte	Afluyente		Efleunte				
pH	3,35	5,41	4,42	6,95	5,09	6,96	4,47	±	0,47	6,78	±	0,79	45,00
Alcalinidade	2,10	79,56	42,00	246,75	283,50	1.575,00	70,16	±	69,52	388,75	±	361,94	45,00
Cor Aparente	196,00	128,00	1.050,00	3.420,00	8.100,00	9.800,00	1.862,27	±	2.153,21	3.290,34	±	2.920,35	45,00
Cor Verdadeira	120,00	53,00	241,00	278,00	920,00	2.440,00	322,07	±	236,25	474,28	±	532,45	45,00
DQO (mg/L)	800,00	35,00	4.620,00	1.450,00	19.240,00	15.610,00	6.122,67	±	5.436,44	3.037,06	±	4.244,14	45,00
NT (mg/L)	40,00	20,00	130,00	80,00	480,00	330,00	184,53	±	128,02	111,89	±	86,61	45,00
NH ₃ -N (mg/L)	12,10	0,10	75,20	38,00	480,00	394,00	130,87	±	145,22	81,58	±	111,00	45,00
NO ₂ -N (mg/L)	0,00	0,00	0,02	0,01	0,26	0,50	0,05	±	0,07	0,03	±	0,08	45,00
NO ₃ -N (mg/L)	0,60	0,10	2,40	1,20	7,40	16,90	2,95	±	2,15	2,46	±	3,46	45,00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	23,80	4,00	48,20	24,00	230,00	148,00	65,68	±	48,46	34,95	±	29,20	45,00
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,00	0,00	2,00	1,00	7,00	28,00	2,60	±	2,30	2,80	±	5,25	45,00
Fe Total (mg/L)	0,16	0,10	1,84	0,71	5,64	3,46	2,34	±	1,60	1,08	±	0,91	45,00
Cu Total (mg/L)	0,00	0,01	0,16	0,17	1,08	7,52	0,26	±	0,27	1,58	±	2,49	45,00
Zn Total (mg/L)	0,03	0,08	0,30	0,20	1,80	1,28	0,35	±	0,42	0,29	±	0,30	45,00

B - Resumo estatístico das análises para avaliação do BAS 1 e BAS 2, considerando o Período 1.

Período 1 - BAS 1 - Safra													
Parâmetros	Mínimo		Mediana		Máximo		Média ± Desvio Padrão					N*	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente			Efluente			
pH	3,66	5,47	4,49	6,40	4,60	7,11	4,34	±	0,36	6,32	±	0,48	15,00
Alcalinidade	12,60	126,00	42,00	235,20	47,25	466,20	36,12	±	13,55	246,68	±	103,25	15,00
Cor Aparente	440,00	900,00	920,00	3.680,00	3.900,00	7.680,00	1.441,40	±	1.293,35	3.780,67	±	2.049,37	15,00
Cor Verdadeira	122,00	122,00	396,00	313,00	920,00	910,00	405,40	±	294,00	377,70	±	198,89	15,00
DQO (mg/L)	2.260,00	390,00	4.380,00	1.720,00	7.830,00	6.310,00	4.748,00	±	1.877,15	2.347	±	1.720	15,00
NT (mg/L)	56,50	6,00	110,00	38,00	190,00	150,00	117,60	±	44,92	56,53	±	40,97	15,00
NH ₃ -N (mg/L)	56,50	0,20	110,00	39,60	163,60	100,00	112,32	±	36,31	44,83	±	29,42	15,00
NO ₂ -N (mg/L)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,08	0,01	±	0,00	0,05	±	0,02	15,00
NO ₃ -N (mg/L)	4,00	7,80	2,80	1,20	4,00	7,80	3,04	±	0,51	2,30	±	2,53	15,00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	36,61	21,49	25,90	15,70	81,60	58,70	36,61	±	25,74	21,49	±	15,31	15,00
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,00	0,00	1,00	3,50	20,00	10,00	4,60	±	8,01	3,79	±	2,78	15,00
Fe Total (mg/L)	2,24	0,40	2,78	1,59	6,64	3,62	3,76	±	1,83	1,76	±	1,20	15,00
Cu Total (mg/L)	0,02	0,04	0,10	0,29	0,45	3,86	0,19	±	0,18	0,93	±	1,64	15,00
Zn Total (mg/L)	0,14	0,02	0,56	0,06	1,10	0,42	0,55	±	0,40	0,18	±	0,19	15,00

Período 1 - BAS 2 - Entressafra													
Parâmetros	Mínimo		Mediana		Máximo		Média ± Desvio Padrão					N*	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente			Efluente			
pH	4,18	5,41	4,30	5,81	5,09	6,96	4,46	±	0,34	6,05	±	0,59	15,00
Alcalinidade	2,10	136,50	19,95	346,50	42,00	1.575,00	22,26	±	15,70	637,00	±	511,46	15,00
Cor Aparente	390,00	832,00	1.402,00	5.440,00	5.540,00	9.600,00	2.288,00	±	1.981,82	5.381,07	±	2.280,94	15,00
Cor Verdadeira	122,00	122,00	396,00	313,00	920,00	910,00	405,40	±	294,00	377,70	±	198,89	15,00
DQO (mg/L)	4.820,00	1.650,00	14.570,00	5.140,00	19.240,00	15.610,00	11.826,00	±	6.013,78	7.246	±	5.2243	15,00
NT (mg/L)	120,00	25,00	364,00	180,00	480,00	330,00	295,60	±	149,83	182,33	±	107,89	15,00
NH ₃ -N (mg/L)	75,20	5,30	364,00	142,00	480,00	394,00	284,64	±	163,86	177,35	±	151,15	15,00
NO ₂ -N (mg/L)	0,01	0,00	0,07	0,01	0,09	0,10	0,05	±	0,04	0,02	±	0,03	15,00
NO ₃ -N (mg/L)	0,60	0,10	3,20	1,75	7,40	16,90	3,70	±	2,47	3,04	±	4,39	15,00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	39,80	5,50	72,80	25,90	96,20	148,00	66,76	±	21,09	45,95	±	39,84	15,00
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	1,00	0,00	4,00	2,00	7,00	28,00	4,60	±	2,32	5,93	±	8,15	15,00
Fe Total (mg/L)	2,64	0,10	4,28	1,08	5,64	3,46	4,23	±	1,07	1,57	±	1,38	15,00
Cu Total (mg/L)	0,15	0,17	0,22	2,43	1,08	7,52	0,44	±	0,39	3,38	±	3,45	15,00
Zn Total (mg/L)	0,17	0,08	0,32	0,20	0,44	0,54	0,31	±	0,13	0,24	±	0,18	15,00

C - Resumo estatístico das análises para avaliação do BAS 1 e BAS 2, considerando o Período 2.

Período 2 - BAS 1 – Safra											
Parâmetros	Mínimo		Mediana		Máximo		Média ± Desvio Padrão				N*
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente		Efluente		
pH	3,87	5,52	4,38	6,37	5,28	7,78	4,44	± 0,49	6,40	± 0,67	15,00
Alcalinidade	26,25	150,15	67,20	312,90	75,60	420,00	57,69	± 19,58	290,06	± 81,82	15,00
Cor Aparente	460,00	600,00	1.000,00	2.480,00	2.900,00	7.090,00	1.256,00	± 876,40	3.156,73	± 2.530,91	15,00
Cor Verdadeira	184,00	120,00	241,00	216,00	810,00	2.440,00	337,00	± 246,71	574,27	± 681,52	15,00
DQO (mg/L)	2.970,00	630,00	3.200,00	1.530,00	5.560,00	4.550,00	3.670,00	± 989,70	1.750,67	± 1.208,99	15,00
NT (mg/L)	13,00	50,00	70,00	80,00	320,00	280,00	112,60	± 110,59	118,33	± 77,01	15,00
NH ₃ -N (mg/L)	48,00	16,00	76,00	42,00	241,00	192,00	103,40	± 72,52	70,27	± 57,80	15,00
NO ₂ -N (mg/L)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,12	0,01	± 0,01	0,03	± 0,04	15,00
NO ₃ -N (mg/L)	0,90	0,20	2,80	0,80	5,20	10,10	2,64	± 1,65	2,84	± 3,71	15,00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	12,00	22,00	45,60	31,00	126,00	117,00	55,32	± 40,36	51,27	± 31,01	15,00
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	1,00	0,00	2,00	2,00	3,00	14,00	2,00	± 0,65	3,87	± 4,24	15,00
Fe Total (mg/L)	1,18	0,42	1,69	1,59	4,72	2,19	2,34	± 1,49	1,39	± 0,82	15,00
Cu Total (mg/L)	0,02	0,02	0,25	0,36	0,38	0,77	0,24	± 0,14	0,37	± 0,26	15,00
Zn Total (mg/L)	0,14	0,06	0,26	0,12	0,36	0,17	0,25	± 0,09	0,11	± 0,04	15,00

Período 2 - BAS 2 - Entressafra											
Parâmetros	Mínimo		Mediana		Máximo		Média ± Desvio Padrão				N*
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente		Efluente		
pH	4,27	6,05	4,69	6,88	5,13	7,17	4,70	± 0,34	6,68	± 0,43	15,00
Alcalinidade	73,50	194,25	93,45	483,00	283,50	525,00	129,19	± 81,95	382,80	± 140,72	15,00
Cor Aparente	624,00	418,00	1.150,00	3.480,00	8.100,00	9.800,00	2.404,40	± 2.967,18	3.551,87	± 3.045,75	15,00
Cor Verdadeira	184,00	120,00	241,00	216,00	810,00	2.440,00	337,00	± 246,71	574,27	± 681,52	15,00
DQO (mg/L)	1.940,00	480,00	4.430,00	1.410,00	4.980,00	2.140,00	3.782,00	± 1.194,57	1.376,00	± 487,47	15,00
NT (mg/L)	90,00	40,00	190,00	100,00	250,00	170,00	176,00	± 55,39	101,33	± 41,90	15,00
NH ₃ -N (mg/L)	55,00	20,00	78,00	38,00	94,00	85,00	76,80	± 13,41	47,07	± 19,70	15,00
NO ₂ -N (mg/L)	0,01	0,00	0,02	0,01	0,05	0,05	0,03	± 0,02	0,02	± 0,01	15,00
NO ₃ -N (mg/L)	0,60	0,20	3,10	0,90	6,90	8,50	3,34	± 2,35	2,38	± 2,60	15,00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	31,00	4,00	60,80	41,00	230,00	90,00	86,46	± 75,59	41,51	± 22,82	15,00
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,00	0,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,80	± 1,78	1,60	± 1,59	15,00
Fe Total (mg/L)	0,16	0,15	1,13	0,96	2,34	1,26	1,26	± 0,80	0,78	± 0,46	15,00
Cu Total (mg/L)	0,10	0,04	0,16	0,17	0,52	2,60	0,24	± 0,17	0,63	± 1,11	15,00
Zn Total (mg/L)	0,06	0,12	0,30	0,16	1,80	1,28	0,55	± 0,71	0,40	± 0,50	15,00

D - Resumo estatístico das análises para avaliação do BAS 1 e BAS 2, considerando o Período 3.

Período 3 - BAS 1 - Safra													
Parâmetros	Mínimo		Mediana		Máximo		Média ± Desvio Padrão				N*		
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente		Efluente				
pH	3,39	6,00	3,99	7,64	4,52	7,87	4,02	±	0,45	7,48	±	28,12	15,00
Alcalinidade	21,42	68,00	47,94	137,70	66,15	258,30	49,10	±	16,40	147,46	±	62,59	15,00
Cor Aparente	1.220,00	201,00	1.540,00	650,00	3.400,00	2.100,00	1.960,00	±	800,93	876,23	±	617,09	15,00
Cor Verdadeira	120,00	53,00	208,00	121,00	349,00	1.840,00	223,80	±	100,48	470,87	±	605,19	15,00
DQO (mg/L)	880,00	75,00	4.320,00	260,00	5.840,00	1.380,00	3.880,00	±	1.922,50	361,27	±	332,85	15,00
NT (mg/L)	60,00	30,00	80,00	100,00	165,00	190,00	95,00	±	37,61	89,87	±	42,51	15,00
NH ₃ -N (mg/L)	27,90	5,00	42,00	17,00	57,00	49,00	42,00	±	9,58	23,39	±	16,12	15,00
NO ₂ -N (mg/L)	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,20	0,01	±	0,00	0,06	±	0,05	15,00
NO ₃ -N (mg/L)	0,40	0,00	2,10	0,60	4,10	6,10	2,02	±	1,33	1,43	±	1,69	15,00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	7,50	3,00	33,50	12,90	79,00	54,00	41,90	±	27,10	14,67	±	12,70	15,00
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	1,00	0,00	2,00	0,00	3,00	7,00	1,80	±	0,77	1,00	±	1,89	15,00
Fe Total (mg/L)	1,08	0,60	3,12	1,20	3,25	3,19	2,46	±	1,00	1,62	±	1,01	15,00
Cu Total (mg/L)	0,07	0,04	0,37	0,11	1,66	4,51	0,57	±	0,65	0,98	±	1,97	15,00
Zn Total (mg/L)	0,03	0,14	0,13	0,22	0,40	0,42	0,20	±	0,16	0,24	±	0,11	15,00

Período 3 - BAS 2 - Entressafra													
Parâmetros	Mínimo		Mediana		Máximo		Média ± Desvio Padrão				N*		
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente		Efluente				
pH	3,35	6,96	4,21	7,70	4,91	8,12	4,23	±	0,35	7,61	±	0,35	15,00
Alcalinidade	31,62	79,56	42,00	151,00	142,80	199,92	59,04	±	43,61	146,46	±	36,84	15,00
Cor Aparente	196,00	128,00	830,00	315,00	1.840,00	4.300,00	894,40	±	571,61	938,10	±	1.280,41	15,00
Cor Verdadeira	120,00	53,00	208,00	121,00	349,00	1.840,00	223,80	±	100,48	470,87	±	605,19	15,00
DQO (mg/L)	800,00	35,00	3.440,00	370,00	4.650,00	1.520,00	2.760,00	±	1.567,63	488,50	±	421,05	15,00
NT (mg/L)	40,00	20,00	70,00	45,00	130,00	130,00	82,00	±	37,83	52,00	±	29,99	15,00
NH ₃ -N (mg/L)	12,10	0,10	37,00	12,10	42,00	51,00	31,16	±	11,40	20,32	±	19,02	15,00
NO ₂ -N (mg/L)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,26	0,50	0,06	±	0,11	0,04	±	0,13	15,00
NO ₃ -N (mg/L)	0,70	0,20	2,10	1,10	3,00	14,00	1,82	±	0,92	2,01	±	3,41	15,00
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	23,80	7,60	40,30	14,00	70,00	33,00	43,82	±	15,65	17,39	±	8,11	15,00
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,00	0,00	2,00	0,00	3,00	4,00	1,40	±	1,24	0,87	±	1,25	15,00
Fe Total (mg/L)	0,55	0,55	1,80	0,63	2,13	1,90	1,53	±	0,62	0,88	±	0,58	15,00
Cu Total (mg/L)	0,00	0,01	0,08	0,04	0,25	3,58	0,10	±	0,10	0,74	±	1,59	15,00
Zn Total (mg/L)	0,03	0,14	0,13	0,22	0,40	0,42	0,20	±	0,16	0,24	±	0,11	15,00

ANEXOS

ANEXO 1: Aspectos detalhados da vinícola

Fundada em 1972, a vinícola escolhida para a realização deste estudo, atualmente emprega 27 funcionários que trabalham durante todo o ano. A área construída possui 2.472 m² devido a diversas ampliações que foram feitas desde a fundação. A divisão das atividades no espaço construído pode ser vista na Tabela 23. A área denominada Produção de vinhos engloba a alocação das pipas, manipulação e filtragem do vinho, piletas e o depósito de produtos enológicos. A área denominada Lavagem e Engarrafamento de garrafas englobam o depósito de produtos acabados e embalagens, e o engarrafamento em garrafas de 750 mL e garrafas PET (ambas compradas novas) e a área denominada Lavagem e Engarrafamento de garrações é a área em que são realizadas a lavagem dos garrações e o engarrafamento nestes. Na Figura 63 também pode ser visualizado o esquema representativo da tubulação que coleta e transporta o efluente separadamente a dois pontos de recebimento: Ponto A que recebe o efluente da área da Produção de vinhos e laboratório e Ponto B que recebe os efluentes da Lavagem e Engarrafamento de garrafas e garrações.

Tabela 23: Distribuição da área construída e área livre disponível para a vinícola.

Distribuição das Atividades	Área (m²)
Escritório	65
Alocação das pipas	880
Manipulação e filtragem de vinhos	70
Laboratório	15
Depósito de produtos enológicos	20
Lavagem de garrações (usados)	136
Engarrafamento (garrafas novas)	36
Depósito de produtos acabados	1.215
Área construída total	2.437
Área de terreno livre	5.000

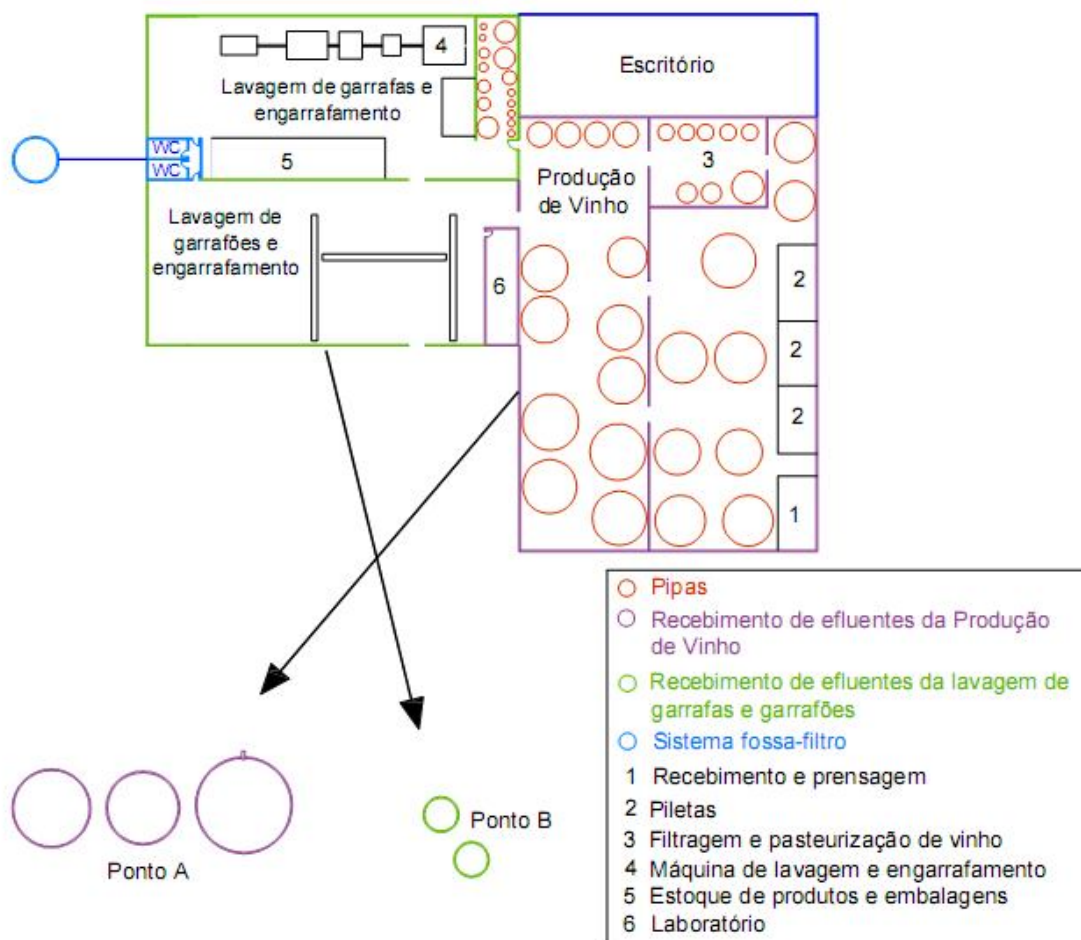


Figura 63: Área construída da vinícola, apresentando a divisão dos setores e os pontos de recebimento de efluentes. Ponto A: Recebimento de Efluente da área Produtiva. Ponto B: Recebimento de efluente da Área de Engarrafamento e Lavagem de Garrafões.

A linha dos produtos fabricados pela vinícola divide-se a partir da variedade de uva *Vitis labrusca* e a *Vitis vinifera*. Os produtos de maior comercialização são provenientes da variedade *Vitis labrusca*, sendo eles: vinho tinto e vinho branco seco e suave, vinho tinto e vinho branco de mesa seco e suave, vinho rose e branco doce, e os coquetéis fermentados (em que 15% é vinho, 70% água e 15% outros produtos como açúcar e suco de uva e maçã). Na linha dos vinhos finos, elaborados a partir de variedades da espécie *Vitis vinifera*, são produzidos o vinho fino tinto e vinho fino branco seco e suave, e também espumantes brancos doce e *demi-sec*. A vinícola, também compra vinhos comuns a granel (em caminhões pipa) de outras vinícolas e a comercialização destes vinhos pode se dar de duas formas, em garraões e/ou novamente a granel. No ano de 2007, foram produzidos aproximadamente 2,3 milhões de litro de vinho, com uvas provenientes da região e trazidas do Rio Grande do Sul.

Na tabela 24 podem ser visualizadas as uvas processadas na vinícola de acordo com sua qualidade (branca ou tinta).

Tabela 24: Relação da quantidade e qualidade das uvas processadas na vinícola.

Uva branca	Quantidade em kg	Uva tinta	Quantidade em kg
Niágara	481.802	Bordô	1.219.761
Couderc 13	70.839	Tannat	3.214
Seivilar	16.024	Ancelota	3.143
Moscato Embrapa	10.030	Seibel	10.374
Moscalo Gialo	4.134	Cabernet	1.800
		Isabel	511.259
Total em kg uva branca	582.829	Total em Kg uva tinta	1.749.551

Os volumes comercializados de vinho dividido em produtos produzidos em 2008 podem ser visualizados na Tabela 25.

Tabela 25: Vendas por produtos (em litros) realizadas em 2008.

Vendas mensais / produto	Vinho comum / garrafão	Bordô niagará	Vinhos finos	Espumante	Coquetel	Vinho comum a granel	Total mensal de vendas
Janeiro	110.015	10.150	433	188.000	70.000	12.672	391.270
Fevereiro	96.550	10.591	597	90	80.000	256.643	444.471
Março	110.393	15.483	871	3.427	90.000	164.800	384.974
Abril	110.000	12.000	600	200	110.000	126.000	358.800
Mai	260.609	37.965	873	188	90.000	273.500	663.135
Junho	221.721	25.407	712	1.076	115.000	322.300	686.216
Julho	106.752	19.071	609	688	60.000	224.600	411.720
Agosto	151.457	17.895	604	681	80.000	-	250.637
Setembro	150.000	15.000	600	400	60.000	199.100	425.100
Outubro	100.000	12.500	450	400	50.000	-	163.350
Novembro	200.000	20.000	750	800	80.000	132.600	434.150
Dezembro	150.000	15.000	500	700	95.000	200.000	461.200
Total anual	1.767.497	211.062	7.599	196.650	980.000	1.912.215	5.075.023

Foram produzidos 2.329.808 litros de vinho em 2008 a partir das uvas que foram compradas e processadas dentro da vinícola. As vendas realizadas em janeiro de 2008 se referem ao estoque proveniente de 2007 (350.000 litros de vinho branco e 850.000 litros de vinho tinto). O restante do volume comercializado refere-se às compras a granel (vinho já fermentado) que somaram 409.500,00 litros de Vinho branco e 1.333.800,00 litros de Vinho tinto durante todo o ano de 2008.

A vinícola possui capacidade de reservar 2.711.000 litros de vinho distribuídos em 20 reservatórios de madeira, com total de 1.136.000 litros, 25 reservatórios de inox, 153.000 litros, 3 reservatórios de cimento revestido com epóxi (piletas), 150.000 litros e 7 reservatórios de aço-carbono revestido com epóxi situados no lado externo da vinícola em que é possível reservar 1.272.000 litros de vinho. Embora esse volume seja inferior ao movimentado pela vinícola (5.075.023 litros), o gerenciamento da atividade e da capacidade de reservação ocorre em função do gerenciamento do uso dos reservatórios de armazenamento de vinho, entradas e saídas, de maneira a possibilitar o processamento do vinho durante o ano todo.