

Consumo de água e geração de efluentes na produção de doce de leite em laticínio de pequeno porte: estudo de caso.

Water consumption and effluent generation in the production of dulce de leche in a small dairy: case study.

Marcos Pereira Silveira

RESUMO

As agroindústrias de produtos lácteos destacam-se por necessitar de um grande consumo hídrico, além de gerar um volume considerável de efluentes líquidos. Objetivou-se com esse estudo de caso analisar o consumo de água e a caracterização do efluente por meio do mapeamento do processo produtivo do doce de leite em um laticínio de pequeno porte. Para isso foi realizada uma pesquisa com abordagem qualitativa e com fins descritivos por meio de aplicação de questionários, levantamento documental e observação não participante assistemática em um laticínio de pequeno porte numa cidade do Sul de Minas Gerais, cujo principal produto do portfólio é o doce de leite. Para diagnosticar o ambiente a produção de doce foi acompanhada por quatro semanas, sendo uma para monitoramento e três para coleta de informações e dados. O efluente coletado foi enviado para análise dos parâmetros de qualidade de água. Foi observado elevado consumo de água industrial ($120 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$) e coeficiente de produção de $10,6 (\pm 2,7) \text{ L de água/kg de doce}$. A carga de DQO ($5376,2 \pm 3259,5 \text{ mL.L}^{-1}$) e sólidos suspensos ($796,3 \pm 444,7 \text{ mL.L}^{-1}$) gerou um fator K de 3,8, superior ao aceitável para descarte em esgoto doméstico, sendo necessário pré-tratamentos antes do lançamento na rede pública de esgoto. Um dos pontos críticos observados foi a falta de treinamento e conscientização para práticas ambientais, o que pode explicar o elevado consumo de água. Conclui-se que pequenas ações corretivas ou preventivas seriam suficientes para mitigação ambiental do laticínio.

Palavras-chave: Demanda química de oxigênio, Demanda bioquímica de oxigênio, Fator K, vazão de água

ABSTRACT

Dairy agribusinesses stand out for requiring large water consumption, in addition to generating a considerable volume of liquid effluents. The objective of this case study

was to analyze water consumption and the characterization of the effluent by mapping the dulce de leche production process in a small dairy. To this end, research was carried out with a qualitative approach and descriptive purposes through the application of questionnaires, documentary survey and unsystematic non-participant observation in a small dairy in a city in the south of Minas Gerais, whose main product in the portfolio is sweet milk. To diagnose the environment, sweet production was monitored for four weeks, one for monitoring and three for collecting information and data. The collected effluent was sent for analysis of water quality parameters. A high consumption of industrial water was observed (120 m³.day) and production coefficient of 10.6 (± 2.7) L of water/kg of sweet. The load of COD (5376.2 \pm 3259.5 mL.L⁻¹) and suspended solids (796.3 \pm 444.7 mL.L⁻¹) generated a K factor of 3.8, higher than acceptable for disposal in domestic sewage, requiring pre-treatment before discharge into the public sewage network. One of the critical points observed was the lack of training and awareness of environmental practices, which may explain the high water consumption. It is concluded that small corrective or preventive actions would be sufficient for environmental mitigation of the dairy industry.

Keywords: Chemical oxygen demand, Biochemical oxygen demand, K factor, water flow.

1 INTRODUÇÃO

Os laticínios no Brasil têm grande representatividade na promoção de suprimentos com grande valor nutricional, o que confere um papel de destaque na segurança alimentar da população (GARCIA et al, 2019), além de representarem um benefício econômico (GONZÁLEZ-GARCÍA et al., 2013). Na indústria brasileira os laticínios apresentam uma extensão na variedade de produtos fabricados em todos os Estados brasileiros, destaque para

Minas Gerais, o maior produtor de leite com 25,5% da produção nacional (EMBRAPA, 2023) , com cerca de 1 mil estabelecimentos de laticínios (MOREIRA et al., 2020).

Porém, as agroindústrias de produtos lácteos destacam-se por necessitar de um grande consumo hídrico, além de gerar um volume considerável de efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões atmosféricas (FIGUEIREDO, 2020). Além do elevado consumo de recursos naturais, gera significativos impactos ao meio ambiente, devido a elevada geração de resíduos e efluentes em seus processos produtivos (SANTOS, 2016).

A indústria de laticínio é o segundo segmento mais importante da indústria de alimentos (EMBRAPA, 2019), sendo os principais produtos produzidos queijo fresco e queijo de média maturação, caracterizados como produtos de baixa tecnologia, já a produção de produtos UHT (bebida láctea, creme de leite) e de produtos secos e

desidratados (leite condensado, doce de leite e soro em pó) está concentrada em poucos laticínios, devido o grau de investimento (LIMA et al., 2017).

O doce de leite é um produto lácteo de alto consumo nos países latino-americanos, principalmente Brasil e Argentina, onde são também tradicionalmente fabricados (FRANCISQUINI et al, 2019). Contudo, no Brasil, de acordo com um estudo de Lima et al, (2017) sobre panorama dos laticínios, apenas 17,6% dos laticínios levantados produzem doce de leite.

De acordo com a Portaria nº 354, de 4 de setembro de 1997, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Doce de Leite, entende-se por Doce de Leite o produto, com ou sem adição de outras substâncias alimentícias, obtido por concentração e ação do calor a pressão normal ou reduzida do leite ou leite reconstituído, com ou sem adição de sólidos de origem láctea e/ou creme adicionado de sacarose (parcialmente substituída ou não por monossacarídeos e/ou outros dissacarídeos) (BRASIL, 1997).

A produção de doce de leite apresenta elevado impacto ambiental ao ser analisado seu ciclo de vida devido, principalmente, à embalagem utilizada para empacotamento e ao açúcar adicionado no preparo (SANTOS, 2021). Além do material utilizado no empacotamento, ainda há o resíduo deste material de embalagem. De acordo com Silva (2006), a produção de doce de leite ainda apresenta um elevado coeficiente de consumo de água, já que no processo de fabricação se faz necessário o uso de água em três eventos, no vapor d'água; no resfriamento do doce com descarte da água e no processo de higienização, que requer grandes volumes devido a incrustações que se formam nos tachos.

As etapas de limpeza e higienização após o processo de produção são as principais responsáveis pela geração de efluentes com elevada carga poluidora (maiores valores de DQO), para laticínio que produzem doce de leite no seu portfólio são registrados valores de DBO entre 189 a 569 mg O₂/L e DQO de 2143 mg O₂/L (KONIG et al, 2000). Contudo, a água de resfriamento, concentra uma baixa carga poluidora, podendo ser reciclada e assim, contribuir para a redução de desperdício de água na linha de produção de produtos como o doce de leite (CIDÓN et al, 2023).

Dentro deste contexto, objetivou-se analisar neste estudo de caso o consumo de água e a caracterização do efluente a partir de um mapeamento do processo de produção do doce de leite em um laticínio de pequeno porte, buscando elencar alternativas otimizadas e sustentáveis por meio de um processo produtivo redesenhado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho é uma pesquisa com abordagem qualitativa e com fins descritivos (MOREIRA, 2002), uma vez que os resultados descrevem o processo produtivo de doce de leite de uma indústria de laticínio, sendo levantados os quesitos de uso da água em direção ao desenvolvimento sustentável. Com a coleta de dados por meio de entrevista, levantamento documental e observação não participante assistemática (YIN, 2015). Caracteriza-se, portanto, como estudo de caso que foi realizado em um laticínio localizado na cidade de Alfenas- MG.

A justificativa para seleção do referido laticínio para o estudo de caso foi em decorrência da disponibilidade da empresa em participar do estudo e por ser um estudo em que há poucas contribuições empíricas que promovam a discussão sobre produtividade e sustentabilidade em empresas do segmento de laticínios. Após aceite para participação do estudo foi assinado um termo de confiabilidade dos dados e sigilo da empresa.

2.1 Caracterização do Laticínio e da Produção de doce de leite

A pesquisa foi realizada em uma indústria de laticínios familiar localizada na cidade de Alfenas-MG. A cidade apresenta um efetivo de 3565 cabeças de vaca de leite, contabilizando uma produção de 17.541 (x1000) litros de leite no ano de 2022 (IBGE CIDADES, 2023).

O laticínio em estudo possui registrado no Sistema de Inspeção Federal (SIF) e processa, em média, 2000 litros de leite dia-1. Atualmente, o portfólio do laticínio consiste na produção de queijo minas frescal, queijo minas padrão, manteiga e doce de leite.

O doce de leite, produzido desde 1975, é o principal produto do laticínio, a programação de produção do doce de leite é diária. Neste trabalho, foram feitas observações em dois dias na semana, no turno da manhã (7:30 às 12:00) e um dia turno da tarde (11:30 às 16:30), e a escala de produção depende da demanda. Normalmente, de domingo a domingo, são 2 ciclos de produção (manhã e tarde). Na terça-feira e quarta-feira são 3 ciclos de produção com início às 7:30 e término às 20:00. As semanas de observação foram identificadas no texto como ciclos.

São destinados entre 1500 e 2000 litros de leite em cada processamento para a

produção de doce de leite (Figura 1), o rendimento é de 3 litros para 1 kg de doce, são quatro tipos de doce de leite produzidos: padrão, com chocolate, com coco e diet, em cinco tamanhos (200 g, 460 g, 775 g, 9700g e 21000g).

A fabricação é realizada com uso de caldeiras a lenha e tachos de doce a vapor. Os doces são empacotados em embalagens de lata ou plástico (PEBD, PET, PP) e para o transporte as embalagens unitárias são arranjadas em caixas de papelão ou caixas plásticas retornáveis.

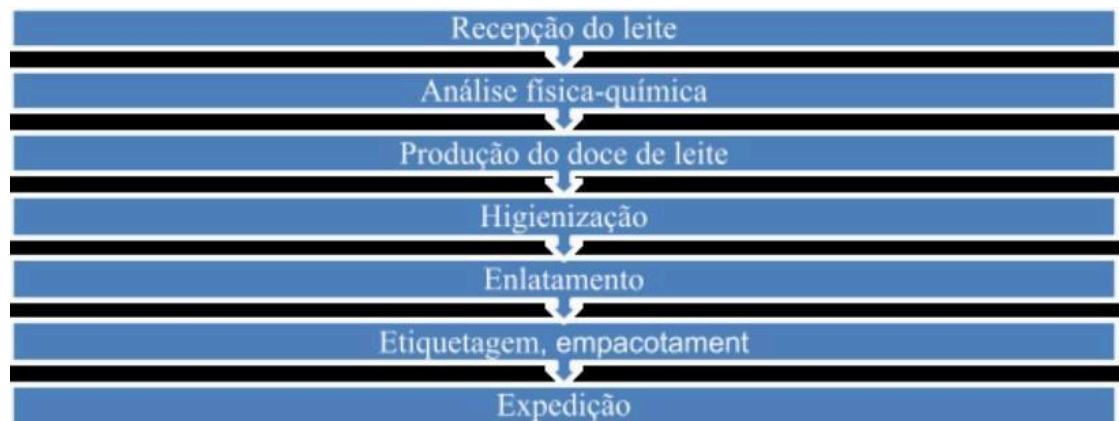


Figura 1. Fluxograma de produção de doce de leite no Laticínio em estudo. Fonte: autor

2.2 Diagnóstico ambiental da produção de doce de leite

O diagnóstico ambiental na produção de doce de leite foi feito a partir do acompanhamento e monitoramento do processo produtivo, quantificando o consumo de água, a geração de resíduos líquidos e falhas no processo (passíveis de impactos ambientais). Para isso, os processos produtivos foram monitorados por três dias consecutivos durante quatro semanas no mês de setembro de 2023, sendo a primeira semana usada apenas para mapeamento. Os dias de monitoramento foram estabelecidos de acordo com o dia que a planta fabril era destinada à produção do doce de leite. Assim, cada semana de produção foi chamada de ciclo, o resultado de cada ciclo é a média composta por três dias de coleta de dados.

Para auxiliar nas coletas de dados, no mesmo período, foram realizadas entrevistas com o principal gestor técnico da empresa, responsáveis pelo processo produtivo e pelas operações que remetem à sustentabilidade. As entrevistas foram realizadas *in loco*, o questionário inicial continha 12 (doze) perguntas semiestruturadas (Anexo 1) com objetivo de caracterização do laticínio e do processo produtivo de

doce de leite. Um questionário com 25 (vinte e cinco) perguntas estruturadas abordando dimensões ambientais de acordo com Instituto Ethos (2013): sistema de gestão ambiental, prevenção da poluição ambiental, uso sustentável de recursos materiais, uso sustentável de recurso água e energia, educação e conscientização ambiental e logística reversa. Foi usada também a observação a fim de detalhar pontos críticos com o entendimento dinâmico das questões e atividades produtivas.

Além disso, no mapeamento foram identificados pontos de geração de efluentes e consumo de água nas linhas do processo produtivo de doce de leite. O efluente gerado foi coletado três vezes por semana, nos dias em que a planta era destinada à produção de leite, por três semanas ou três ciclos, seguindo a produção, das 8 às 17 h. Foi realizada a coleta de 500 ml de efluente a cada 15 min, formando uma amostra de 2 litros por hora. Ao final do dia as amostras foram homogeneizadas e uma amostra composta única de 2 litros foi retirada e, posteriormente, congelada até a análise.

As amostras de água foram enviadas para um laboratório de análise de qualidade de água (Betim, MG) e caracterizadas em relação aos seguintes parâmetros: Demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, sólidos totais (ST), sólidos suspensos (SSu), sólidos sedimentáveis (SSe) e sólidos dissolvidos (SD). Todas as análises foram realizadas em triplicata. A partir dos parâmetros de qualidade foi calculado o fator de carga poluidora K conforme equação 1 (Eq 1, COPASA, 2018). O fator K é definido em função dos resultados das análises dos parâmetros DQO e SSu, sendo os valores mínimos admitidos para cálculo do fator K, DQO igual a 450 mg/L e SSu igual a 300 mg/L.

$$K = 0,63 + 0,19 \times (DQO/450) + 0,18 \times (SSu/300) \text{ (Eq 1)}$$

Paralelamente foi quantificada a vazão de água, utilizados baldes graduados de 15 litros, a partir da temporização que o equipamento ou a mangueira de borracha ficavam abertos e era utilizado no processo de produção do doce e limpeza. O volume de água consumido para produção de vapor foi estimado por meio da capacidade de produção de vapor na caldeira (600 kg.h⁻¹) considerando o tempo de produção do doce de leite (entre 4h e 5h). Para garantir a quantificação do gasto de água foram realizadas leituras do hidrômetro, de hora em hora, durante o processo

produtivo do doce de leite. Assim o consumo de água industrial (CAI) foi mensurado de acordo com a equação 2 (Eq2).

$$\text{CAI (L)} = (\text{Leitura Hidrômetro Início} - \text{Leitura Hidrômetro final}) * 1000 \text{ (Eq2)}$$

Todas as informações coletadas e dados levantados durante a pesquisa in loco foram compilados em planilhas eletrônicas e, posteriormente, o material foi analisado para identificação dos pontos críticos e possíveis impactos ambientais relacionados à produção do doce de leite. Por fim, foram feitas sugestões de pontos de melhorias no processo produtivo para reduzir o impacto ambiental da indústria de laticínios no processo produtivo do doce de leite.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As indústrias de laticínios estão sendo pressionadas a agir em favor da inovação sustentável, devido ao seu potencial de geração de resíduos e consumo de água, que causam altos impactos ambientais (TRAVERSI et al, 2013). Assim, realizar análise dos processos da linha da produção de doce de leite permitiu identificar o consumo de água (Tabela 1) e geração de efluente e análise dos efluentes (Tabela 2), possibilitando identificar os pontos críticos do processo, em que há maior consumo de água ou geração de efluentes.

O maior coeficiente de consumo de água foi observado no primeiro ciclo, onde foram contabilizados 13,7 litros de água gastos para produção de 1 kg de doce de leite. Este resultado pode estar atrelado a realização da limpeza e ao funcionamento da caldeira por uma hora a mais (14 horas de caldeira no ciclo 1) comparada aos ciclos 2 e 3 (13 horas de caldeira). Podemos observar na Figura 2, que isso representou em um consumo de 100 e 600 litros de água a mais que os demais ciclos.

De acordo com Silva (2006) a falta de padronização dos procedimentos de higienização são pontos críticos em todas as linhas de processamento, o que pode estar relacionado a falta de treinamento e conscientização dos funcionários sobre boas práticas ambientais principalmente em empresas de pequeno e médio porte do setor e laticínio (MACHADO et al, 2002).

A melhor eficiência de produção (8,9 águas L.kg-1 de doce) e de uso de matéria prima (2,98 água L.L-1 de leite processado) foi observada no ciclo 2, neste ciclo foi produzido uma quantidade maior de doce de leite nos volumes 21 kg (4 latas), 9.7 kg (16 latas) e 4 kg (21 formas) sendo necessário mais matéria prima, demonstrando que maiores volumes de leite processado podem gerar menor desperdício de água para processos.

Tabela 1. Consumo de água para produção de doce e para limpeza, consumo de água total no laticínio em 24h, produção de doce e coeficiente de uso da água na produção de doce de leite (L água/kg doce de leite produzido).

Coleta	Consumo para produção (L.ciclo ⁻¹)	Produção Doce (kg.ciclo ⁻¹)	Leite processado (L.ciclo ⁻¹)	Coeficiente de produção (água L.Kg ⁻¹ doce)	Coeficiente de matéria prima (água L.L ⁻¹ leite)
Ciclo 1	10067	737	2210,6	13,7	4,55
Ciclo 2	9488	1062	3186,6	8,9	2,98
Ciclo 3	9078	989,5	2968,5	9,2	3,06
Média	9544,3 ±496,9	929,5 ±170,6	2788,6 ±512,3	10,6 ±2,7	3,6 ±0,88
CV	5,21	18,3	18,4	25,1	25,1

O consumo de água observado no presente estudo corrobora Silva (2006) que ao avaliar o consumo de água na produção de doce de leite observou, aproximadamente 20.000 litros de água.dia-1, com coeficiente de uso de água de 3,8 L.L-1 leite processado, o autor atrelou este elevado consumo a três eventos: consumo de vapor descartado na forma condensada e o resfriamento dos tachos, que representou 58% do consumo (10.064 L) e 29,6% do consumo em higienização do material utilizado para produção (5145 L) com destaque para os tachos devido à incrustação de concentração do leite. No presente estudo foi observado, média dos três ciclos, um consumo de água de 9.455 L.ciclo-1 (Tabela 1), destinado 83,8% (8.100 L) para caldeira e 16,2% (1544 L) para higienização, sendo que a limpeza dos tachos correspondeu a 22,2% (342,3 L) do consumo de higienização (Figura 2).

Em decorrência da quantidade de água gasta pela caldeira, que é perdida na forma condensada, a implantação de um sistema de retorno do condensado para a caldeira e a recirculação da água de resfriamento do doce de leite, seria uma prática eficiente que poderia reduzir o consumo de água em até 80% na linha de produção.

Como o condensado retorna já aquecido para a caldeira, essa prática permitiria uma redução do custo operacional da caldeira, proveniente do custo com lenha e do consumo de água. Em uma análise de redução de perdas realizada por Rocha et al. (2015), os autores estimaram perdas de até R\$ 500,00 diários em laticínios, reforçando assim a necessidade do controle e redução de perdas por motivos econômicos.

No presente estudo é importante denotar que a reutilização do condensado acarretaria na implantação de verificação dos parâmetros de pH e dureza da água de retorno, para avaliar se estão de acordo com as recomendações para água de caldeira.

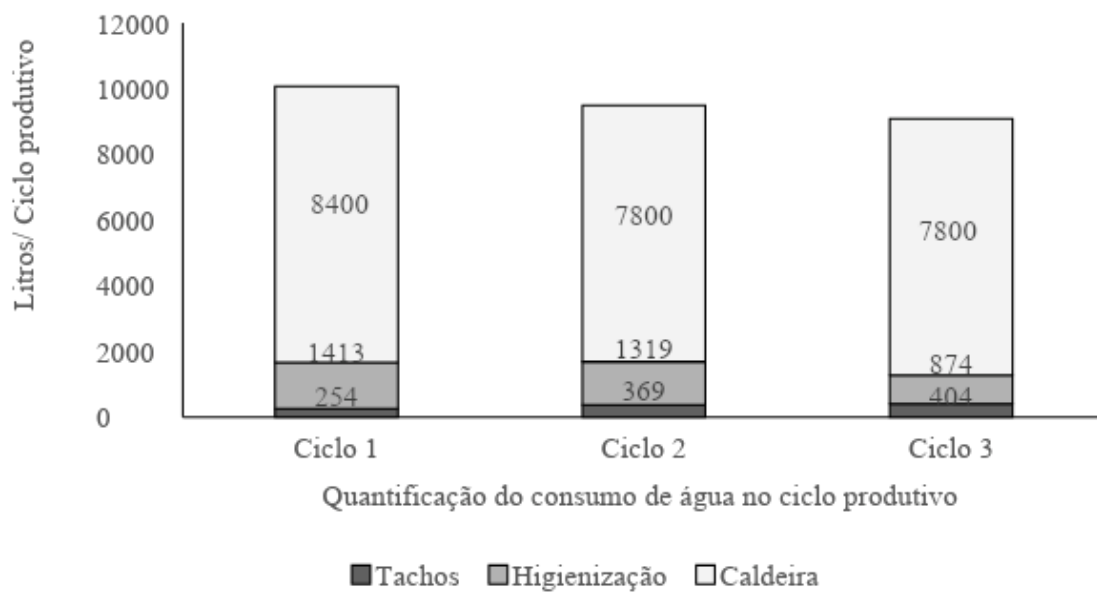


Figura 2. Quantificação do consumo de água em diferentes atividades que envolvem o processo produtivo do doce de leite

O coeficiente do consumo de água em relação ao leite processado foi de 4,5, 2,9 e 3,1 L.L-1 para os ciclos 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 1), sendo que, nesse efluentes líquidos foi observado um pH variando entre 6,3 a 7,8, com valor médio de 6,88 (Tabela 2), dentro da faixa considerada aceita para lançamento em curso hídrico (6 a 9) determinado no Estado de Minas Gerais, pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH- -MG (01/2008). Os valores de pH apresentados são quase próximos a neutralidade, isso demonstra que os agentes químicos utilizados para a limpeza ácidos não são utilizados, esse pH torna mais fácil o tratamento por sistemas biológicos (SILVA, 2006).

A indicação para o destino da água de higienização seria a estação de tratamento de efluente (ETE) e da caldeira e resfriamentos o reuso. No presente estudo a água de higienização é destinada diretamente à rede pública de esgoto, seguindo o Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos (PRECED) da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), que é um programa criado para controlar e regulamentar o lançamento de efluentes não domésticos, na rede coletora (COPASA, 2018).

O programa PRECED é destinado a resíduo líquido resultante de atividades industriais, comerciais ou de prestação de serviços, com características físico-químicas e biológicas próprias a cada atividade que tenham carga poluidora menor ou igual àquela Quantificada para o esgoto doméstico o qual é medido pelo fator K, que é a relação entre os parâmetros de DQO (valor mínimo 450 mg.L-1) e SSu (valor mínimo 300 mg.L-1). Quando utilizados esses valores mínimos o fator de carga poluidora K é igual a 1 e corresponde às características da carga poluidora de um esgoto doméstico (COPASA, 2012). No presente estudo observamos valores médios superior durante os ciclos tanto para DQO (5376,2 ±3259,5 mg.L-1) quanto para SSu (média 796,3 ±444,7 mg.L-1), o que resultou num fator K de 3,8 (Tabela 2), o que demonstra que estão fora dos limites estabelecidos pela Norma Técnica da COPASA (2012). Desta forma, uma indicação seria o pré-tratamento dos efluentes líquidos antes de serem lançados no sistema de esgotamento sanitário.

Contudo, é importante salientar que esse estudo não teve acesso aos relatórios de automonitoramento do laticínio que devem ser entregues à COPASA. Os valores médios de DBO e DBQ apresentados foram de 2112,8 mg. L-1 e 5376,2 mg.L-1, respectivamente (Tabela 2), o que resulta numa relação DBO/DQO de 0,4. Esses resultados são compatíveis com laticínios, uma vez que o efluente contém quantidades residuais de leite e derivados, detergentes, desinfetantes, açúcar, pedaços de frutas e essências, correspondendo a efluentes de grande Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e de demanda química de oxigênio (DQO) (Patrício, 2021). Segundo Henares (2015) os parâmetros físico-químicos de efluente de laticínio podem variar entre 450 – 4790 mg/L para DBO, 500 – 4500 mg/L para DQO, 135 – 8500 mg/L SSu e 5,3 – 9,4 para pH.

Na indústria de laticínio a fabricação de queijo com resíduos de soro resulta no maior potencial poluidor (MACHADO, 2002; SILVA, 2006). Todavia, na fabricação de doce de leite as atividades de limpeza e higienização dos utensílios e

equipamentos, logo após a produção, são as responsáveis pela geração de efluentes com elevada carga poluidora, ex. DBO e DQO.

Tabela 2. Característica dos efluentes gerados na produção de doce de leite

Coleta	pH	DBO (mg.L ⁻¹)	DQO (mg.L ⁻¹)	SD (mg.L ⁻¹)	SSu (mg.L ⁻¹)	SSe (ml.L ⁻¹)	ST (mg.L ⁻¹)	Fator K
Ciclo 1	6,64	3259,5	8403	4634	977,5	3,8	5611,5	4,8
Ciclo 2	6,38	2395,5	6209,5	3243	641,5	0,705	3884,5	3,6
Ciclo 3	7,625	686,5	1516	927	770	2,7	1697	1,7
Média	6,88	2112,8	5376,2	2934,7	796,3	2,4	3731	3,8
DP	0,6	1192,64	3259,5	1820,7	444,7	1,57	2002,8	1,4 – 5,2
CV (%)	8,77	56,4	60,6	62,0	55,8	65,3	53,7	37,1

*DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: Demanda química de oxigênio; SD: sólidos dissolvidos; SSu: sólidos em suspensão; SSe: sólidos sedimentáveis; ST: sólidos totais; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

A quantidade de sanitizantes utilizados na limpeza e higienização pode ter influenciado os valores de DBO, o que resultou em uma relação DBO/DQO variando na faixa de 0,32 e 0,46. De acordo com Machado (2002) os efluentes brutos de laticínio apresentam valores para essa relação de 0,5 a 0,7, valores fora dessa faixa são indicadores de efluentes de natureza incomum, como aqueles contaminados por amônia ou glicol originários de água fria, ou por outra substância tóxica ao teste de DBO como detergentes sanitizantes.

Os valores observados na coleta do efluente da produção de doce de leite indica que o mesmo apresenta necessidade de ser tratado antes que seja lançado em curso hídrico para se enquadrar na Normativa Conjunta COPAM/CERH- -MG nº 01, de 05 de maio de 2008 que conforme Art. 1º dispõe sobre os padrões de lançamento de efluentes da indústria que poderá ser lançado em curso hídrico desde que atenda aos parâmetros determinado (DBO até 60 mg/L; DQO até 180 mg/L; pH entre 6,0 a 9,0 e Sólidos em Suspensão até 100 mg/L).

O consumo diário de água industrial no laticínio estudado variou de 10 a 217 m³, com média de 120 m³ ($\pm 59,8$ m³), cada um dos ciclos observados apresentou um dia de pico, onde o consumo foi maior que 200 m³ (Figura 3), correspondendo com dia de limpeza geral da planta fazendo com que a demanda fosse maior.

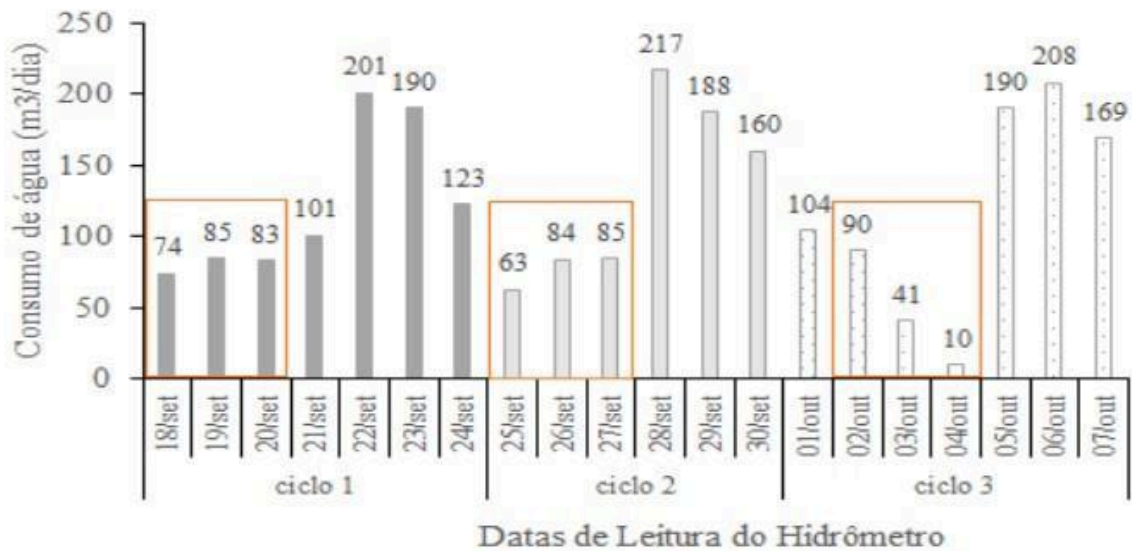


Figura 3. Consumo de água industrial (m³) durante um dia de processamento dividido pelos ciclos acompanhados (1, 2 e 3) que estão demarcados em vermelho.

Na Figura 4 podemos observar que durante a produção de doce de leite a maior vazão de água (m³.hora⁻¹) foi observado durante a primeira hora (22 m³.hora⁻¹) e a última hora (17 m³.hora⁻¹) de produção do período da manhã, nesta faixa de horário as atividades com maior contribuição foram o funcionamento das caldeiras (8h às 10h) a limpeza do caminhão tanque usado para o transporte do leite (8h às 9h) e no final (11h às 12h) é a limpeza do ambiente e equipamentos da linha de produção do doce de leite. Silva (2006) também observou elevada vazão de água (6,2m³.h⁻¹) no “*clean in place*” e produção de doce de leite.

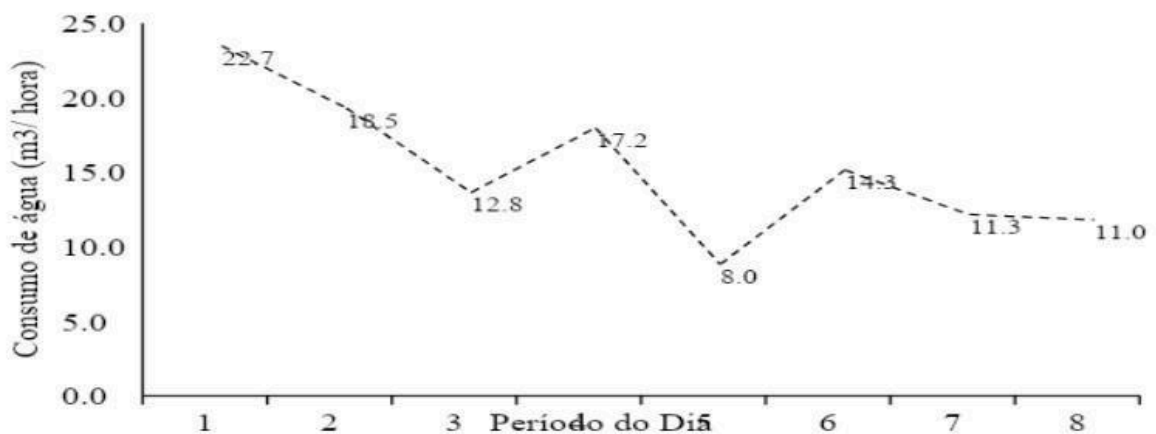


Figura 4. Vazão de água ao longa das horas (m3.hora-1) do processo produtivo de doce de leite

Embora tenha sido observado um elevado consumo de água e produção de efluentes com características acima daquela quantificada para o esgoto doméstico, em entrevista com o diretor foi levantado que a empresa não possui um plano de ação formalizado para reduzir consumo de água e geração de efluentes. A partir do exposto, percebe-se a necessidade da indústria de laticínios em estudo de implementarem práticas, instrumentos e/ou ferramentas de gestão ambiental nos processos produtivos do doce de leite, o que, segundo Fagundes et al, (2020) pode resultar na preservação dos recursos naturais, minimização dos impactos ambientais, redução de custos ambientais, sociais e econômicos, e conseqüentemente, aumento dos lucros.

Desta forma, no Quadro 1 são apresentados alguns pontos críticos no processo da produção de doce de leite e possíveis ações corretivas que podem auxiliar o laticínio na mitigação de seus impactos ambientais. Os resultados demonstram que o laticínio tem um grande potencial de geração de efluentes, melhorar as características do efluente e reduzir o consumo de água industrial apenas com a implantação de ações corretivas ou preventivas.

Quadro 1. Pontos críticos e ação corretiva no processo produtivo de doce de leite.

Ponto Crítico	Problema	Ação Corretiva
Incrustação de doce no tacho	Geração de Efluente: Água com detergente, doce de leite	Adaptação de uma borracha nos agitadores de cada tacho para evitar incrustação.
Higienização de equipamentos e ambiente	Geração de Efluente: Água com detergente, desperdício de água por falta de padronização	Treinamentos e conscientização de colaboradores
Fator K acima do permitido para lançamento na rede de esgoto	Efluente com elevado DQO e DBO	Implantação de ETE
Elevada vazão de água industrial	Desperdício de água por falta de padronização	Treinamentos e conscientização de colaboradores
Descarte de água do condensado e água de resfriamento	Desperdício	Reuso de água

Geração de resíduos sólidos	Não há política reversa de resíduos sólidos	Realizar parceria com prefeitura ou cooperativas de catadores
Recursos energéticos	A geração de energia vem da queima de madeira e de matriz elétrica	Implantação de um sistema de energia limpa

Algumas medidas como a implantação de ETE possibilitaria receber a vazão de efluentes e reutilizar a água tratada para os processos de higienização, minimizando desperdício. As águas residuais tratadas contribuem para a diminuição do consumo de água e do volume de efluentes industriais, podendo também serem processadas via osmose reversa para serem reutilizadas, em processos de aquecimento, limpeza e refrigeração (VOURCH et al, 2008).

Para o mapeamento de sustentabilidade do laticínio também foi realizado um levantamento por meio de entrevista com o gestor de produção da empresa e observações realizadas in loco durante o acompanhamento das atividades.

De acordo com a entrevista realizada com o gestor, a empresa não capacita seus empregados em relação aos impactos ambientais relacionados a suas atividades. De acordo com Oliveira e Machado (2011) para haver uma melhoria no desperdício de água é fundamental a realização de treinamento envolvendo todos os funcionários da empresa, independente do cargo, a fim de promover a educação ambiental.

A educação ambiental e a conscientização por meio de treinamento do colaborador para o racionamento, reutilização e medição, trará benefícios que irão além dos muros da empresa, mas também para a sociedade como um todo (CIDÓN et al, 2023).

Entre os pontos interessantes levantados na entrevista para prevenção da poluição ambiental destaca-se o aproveitamento de subprodutos do processo produtivos, como soro da elite e cinzas da caldeira, para a produção vegetal, os quais são repassados aos produtores parceiros, fomentando um elo na cadeia produtiva.

Quanto a resíduos sólidos, o laticínio estacionou em ações primárias básicas que apenas cumprem com o obrigatório pela legislação, como destinação adequada de resíduos materiais e coleta seletiva nas áreas, não sendo praticada nenhum tipo de política reversa. De acordo com Teles et al, (2015) a busca de parcerias com outros stakeholders como prefeitura e cooperativa de catadores.

Quanto ao uso de recursos energéticos, a principal fonte de energia do laticínio é a elétrica e para a linha produtiva do doce de leite é usada a energia térmica, onde o calor gerado pela queima da madeira aquece a água no equipamento, resultando em vapor. As caldeiras movidas à lenha geram emissões atmosféricas que contribuem para os gases de efeito estufa (MACHADO et al, 2001), tal problema poderia ser evitado pela substituição por caldeiras movidas à biomassa, que pode ser obtida dentro da própria indústria, através de processos de estabilização da matéria orgânica (Brasil, 2018). O investimento em energia renovável seria uma opção a energia elétrica que possibilitaria uma produção mais limpa e redução dos custos operacionais a longo prazo (PUPULIN, 2017). Basseto et al, (2017) discorrem que a produção mais limpa reduz potenciais riscos das operações empresariais perante a sociedade e o meio ambiente.

4 CONCLUSÃO

Para um laticínio de pequeno porte a linha de produção de doce de leite tem elevado consumo de água e geração de efluentes com potencial contaminante, sendo a falta de padronização dos procedimentos de higienização e a falta de treinamento e conscientização da equipe em relação a boas práticas ambientais são os principais pontos críticos apontados. Contudo, pequenas ações corretivas e preventivas podem ser satisfatórias para a redução do consumo de água e geração de efluentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante deste estudo que considerou o consumo da água e a geração de efluentes na produção de doce de leite, a partir de pesquisa de vários estudiosos e análises em um laticínio de pequeno porte do estado de Minas Gerais, nota-se que a indústria láctea, apesar de ser uma área de grandes avanços e ainda de muitas oportunidades de expansão; ainda se perde por falta de conhecimentos embasados em cálculos e também por readaptações que podem elevar o seu poder de produção consciente.

Neste quesito, percebe-se o meio ambiente enfraquecido porque as indústrias trabalham sem um planejamento que contemple a produção aliada à sustentabilidade com investimento em energia renovável, parcerias com stakeholders e ainda capacitações de seus colaboradores. Esses resultados direcionam aos laticínios de

pequeno porte, a necessidade de acompanhamento técnico-científico voltado para a produção láctea versus sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

BASSETO, A. L. C., GONÇALVES, M. A. A., BARROS, M. V., VIEIRA, F. D., STRADIOTO, J. P. (2017). Contribuições de tecnologias limpas para a indústria de laticínios. In: VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. **Anais...** Ponta Grossa, PR, Brasil. Dez. 2017. Disponível em: <http://www.aprepro.org.br/conbrepro/2017/down.php?id=2963&q=1>. Acesso em: 02 jan. 2023.

BRASIL. (1997). **Portaria nº 354, de 4 de setembro de 1997**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Doce de Leite. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-ma-354-de-04-09-1997,664.html> Acesso em: 15 nov 2023.

BRASIL. (2018). **Ministério do Meio Ambiente. Guia técnico ambiental da indústria de laticínios**. Disponível em: <http://pnla.mma.gov.br/publicacoes-diversas>. Acesso em: 15 nov. 2023.

BRASIL. **Agenda 21 Brasileira**. Brasília-DF. 2010.

BRASIL. Decreto Nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei Nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei Nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial União** : seção 1, Brasília, DF, n. 62, p. 3-27, 30 mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 51, 18 de setembro de 2002. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do leite tipo A, leite tipo B, leite tipo C, leite pasteurizado e do leite cru refrigerado. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 set. 2002.

BRASIL. Portaria nº 354, de 4 de setembro de 1997, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Doce de Leite**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 1997.

CIDÓN, C. F., THEIS, V., & SCHREIBER, D. (2023). Diagnóstico ambiental em uma empresa de laticínios baseado em indicadores ambientais. **Exacta**, 21(1), 270-296 <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.19250>

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental. (2008). **Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008**. Minas Gerais, MG. Disponível em: <https://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao>. Acesso em: 15 nov. 2023.

COPASA- Companhia de Saneamento de Minas Gerais. (2018). **Norma Técnica No.187/6** . Lançamento de efluentes não domésticos no sistema de esgotamento sanitário da COPASA, Minas Geras-MG, 2018. Disponível em: <https://arsae.mg.gov.br/images/documentos/legislacao/2019/PRECEDE%20NORMA%20TCNICA%20T%20187-6.pdf> Acesso em: 15 nov. 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agropensa**: Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa>. Acesso em: 17 jun. 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Anuário Leite 2021** . Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134857/1/Leite_e_muno-producao.pdf. Acesso em: 19 jun. 2022.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2023). **Anuário do leite 2023** . Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG. 61 p. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154264/anuario-leite-2023-leite-baixo-carbono> > Acesso em: 12 dez. 2023

FAGUNDES, C. M. C., VEIGA, L., B. E., & SOUZA., L. Q. (2020). "Produção mais limpa em uma indústria de laticínios: boas práticas de gestão ambiental. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente** , 1(2), 45-63.

FIGUEIREDO, L. V. **Sustentabilidade e produção mais limpa na agroindústria: avaliação e proposta de implementação em um laticínio do Sertão Paraibano** . 2020. 53 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Sistemas Agroindustriais) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2020.

FONSECA, L. F. L. da; SANTOS, M. V. dos. **Qualidade do leite e controle de mastite** . São Paulo: Lemos Editorial, 2001. 175 p.

FRANCISQUINI, J. D., ROCHA, J., MARTINS, E., STEPHANI, R., SILVA, P. H. F., RENHE, I. R. T., PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. 5-Hydroxymethylfurfural formation and color change in lactose-hydrolyzed Dulce de leche. **Journal of Dairy Research** , 86, 477-482, 2019.

GARCIA, S. N.; OSBURN, B. I.; CULLOR, J. S. A. (2019). One health perspective on dairy production and dairy food safety. **One Health** , v. 7, n. March, p. 100086.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S., HOSPIDO, A., MOREIRA, M.T., FEIJOO, G., & ARROJA, L. (2013). Environmental Life Cycle Assessment of a Galician cheese: San Simon da Costa. **Journal of Cleanear Produccion** , 52, 253- 262.

HENARES, J. F. **Caracterização do efluente de laticínio: análise e proposta de tratamento**. 2015. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão.

KONIG, A.; LIMA, L.M.M.; CEBALLOS, B.S.O. Comportamento de água residuária bruta e tratadas provenientes de uma indústria de laticínios durante um dia de funcionamento. **Anais...XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Fortaleza, v. III, 2000.

LIMA, L. P. DE; PEREZ, R.; CHAVES, J. B. P. A indústria de laticínios no Brasil – um estudo exploratório. **B. CEPPA** , Curitiba, v. 35, n. 1, jan./jun. 2017.

MACHADO, R. M. G., SILVA, P. D., FREIRE, V. H. (2001). Controle ambiental em indústrias de laticínios. **Brasil Alimentos** , 7(1), 34-36 .

MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, P. C. Alternativas tecnológicas para o controle ambiental em pequenas e médias indústrias de laticínios. *In* : **CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, XXVII, 2000, Porto Alegre.

MACHADO, R. M. G.; SILVA, P. C.; FREIRE, V. H. Publicação eletrônica em Brasil Alimentos: Controle ambiental em indústrias de laticínios. **Brasil Alimentos** , São Paulo, 2001 .

MAPA, Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapa do Leite** . 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/producaoanimal/mapadoleite#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%20o%20terceiro,de%204%20milh%C3%B5es%20de%20pessoas>. Acesso em: 11 de dez 2023. **meio de processos de negócios** . 3. ed. São Paulo: Atlas, 2015. 376 p.

MOREIRA, D. A. (2002). **O método fenomenológico na pesquisa** . São Paulo: Pioneira Thompson.

MOREIRA, F.D.; CERQUEIRA, V.D.; SARAIVA, C.B. Diagnóstico ambiental e avaliação de pontos críticos de indústria de laticínios de pequeno porte. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente** , Maringá, v.13, n. 1, fev. 2020.

OLIVEIRA, M. C.; MACHADO, P. A. L. (2011). Informação e participação como instrumentos para a sustentabilidade. *In*: congresso de pós-graduação, 9 ., 2011 , Piracicaba-SP. **Anais ...** , Piracicaba: UNIMEP.

PATRÍCIO, A.R., VILAS BOAS, R.M.R.P., GALDINO, M.T. (2021). Gerenciamento e tratamento de efluentes líquidos da produção de produtos de laticínios de qualidade superior com dimensionamento de uma estação de tratamento de efluentes a ser implantada em uma indústria localizada em Uberaba-MG, Brasil . **Brazilian Journal of Development** , Curitiba, 7 (4): 37278-37292.

PUPULIN, C. (2017). Retrospectiva/Energia renovável ajuda a reduzir custos operacionais das empresas. *Jornal da Bioenergia*, 2 (1). Disponível em: <https://www.canalbioenergia.com.br/> . Acesso: 21 dez. 2023.

ROCHA, L. C. S.; CARVALHAIS, J. F.; MARTINS, M. L. (2015). Gestão da qualidade como estratégia para melhorias no rendimento operacional de indústrias queijeiras. **Revista Administração em Diálogo** , São Paulo, 17 (1):146-161.

SANTOS, L. DE L. DOS. **Avaliação comparativa do impacto de ciclo de vida de Laticínios** . Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosas, Viçosas, MG, 2021, 62p.

SILVA, D.J.P. **Diagnóstico do consumo de água e da geração de efluentes em uma indústria de laticínios e desenvolvimento de um sistema multimídia de apoio** . Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006, 101p.

TELES, C. D., RIBEIRO, J. L. D., TINOCO, M. A. C., & TEN CATEN, C. S. (2015). Characterization of the adoption of environmental management practices in large Brazilian companies. **Journal of Cleaner Production**, 86, 256-264.

TRAVERSI, D., BONETTA, S., DEGAN, R., VILLA, S., PORFIDO, A., BELLERO, M., & GILLI, G. (2013). Environmental advances due to the integration of food industries and anaerobic digestion for biogas production: perspectives of the Italian milk and dairy product sector. **Bioenergy Research** , 6(3), 851-863.

VOURCH, M., BALANNEC, B., CHAUFER, B., & DORANGE, G. (2008). Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. **Desalination** , 219 (1-3): 190-202

YIN, R. K. (2001). **Estudo de caso: planejamento e métodos** . 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 98 p.