

IAQML – ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO MONITORAMENTO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS DE LATICÍNIOS

Felipe Vigato Prado¹; Ana Luisa Sales Pereira^{2}; Rosa Carolina Amaral³; Ivana Carla Coelho⁴*

RESUMO

Os laticínios geram efluentes líquidos capazes de promover impactos significativos em termos de poluição hídrica, devido às elevadas cargas orgânicas presentes nesses despejos. Por isso, a avaliação do automonitoramento dos efluentes líquidos industriais gerados por esses empreendimentos é extremamente importante, e, portanto, a construção de um índice que fosse capaz de reproduzir em um único valor o significado desse conjunto de dados seria uma ferramenta bastante útil. Assim, o objetivo desse trabalho é desenvolver um índice para avaliação da qualidade do monitoramento do efluente líquido industrial de laticínios e do cumprimento de exigências ambientais referentes a essas indústrias e aplicá-lo em laticínios do estado de Minas Gerais. Portanto, foi desenvolvido pela FEAM o Índice de Avaliação da Qualidade do Monitoramento dos Efluentes Líquidos Industriais de Laticínios – IAQML composto por 4 indicadores, e após elaborado o IAQML foi aplicado em 48 empreendimentos localizados no estado de Minas Gerais. Obteve-se como resultados uma nota para cada empreendimento em todos os 4 indicadores de forma separada, bem como a sua nota final geral. Foi demonstrado que mais de 80% dos laticínios avaliados tem sua nota final no IAQML entre as faixas de qualidade excelente e bom, entretanto existem melhoras que ainda são necessárias.

PALAVRAS-CHAVE: automonitoramento, índice, laticínios

INTRODUÇÃO

A cadeia agroindustrial do leite no Brasil possui grande importância econômica e social. Através dessa atividade, são gerados emprego e renda para uma parte significativa da população, sendo uma receita importante para milhares de produtores familiares (Machado *et al.*, 2002; Almeida, 2001). Apesar do destaque da atividade, diversos processos dessa indústria contribuem para a geração de efluentes líquidos. Assim, é de fundamental importância que o controle realizado sobre o destino dos efluentes líquidos de laticínios seja eficiente, para que seja garantido o menor impacto possível ao meio ambiente.

A elevada carga orgânica é uma característica comum desses efluentes. Devido a isso, ao serem lançados nos corpos d'água sem o tratamento adequado, reduzem a disponibilidade do oxigênio dissolvido, podendo causar danos significativos ao ecossistema aquático (Villa *et al.*, 2007).

Como a maioria das indústrias de laticínios de Minas Gerais é de pequeno porte e trabalha quase que estritamente de forma artesanal, e por vezes, diante dos inúmeros problemas que

¹ Biólogo pela UFV – Universidade Federal de Viçosa, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia pela UFV, Bolsista BGCT/FAPEMIG na FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. e-mail: felipevigatoprado@gmail.com

^{2*} Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo CEFET/MG. e-mail: analuisa.salesp@hotmail.com

³ Bióloga pela UFOP, Mestre em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG, Analista Ambiental na FEAM. e-mail: rosa.amaral@meioambiente.mg.gov.br

⁴ Eng. de Produção Civil pelo CEFET/MG, Especialista em Formas Alternativas de Energia pela UFLA, Analista Ambiental na FEAM. e-mail: ivana.coelho@meioambiente.mg.gov.br

pequenas empresas enfrentam no Brasil para se manterem, o controle dos impactos ambientais acaba não sendo uma questão prioritária (Machado et al., 2000). Diante disso, é essencial que sejam mantidos em bom funcionamento os mecanismos adotados para reduzir a poluição, eliminando assim custos desnecessários gerados pela operação e manutenção inadequadas.

Um desses mecanismos de redução da poluição são as ETEs. No tratamento de efluentes de laticínios, os sistemas de lodos ativados são de grande aceitação e tradição (Machado *et al.*, 2002). A ampla utilização desse sistema está associada, principalmente, à sua elevada eficiência. Por outro lado, exige um substancial investimento de capital, com altos custos de implantação, operação e manutenção (von Sperling, 2014). Ainda segundo von Sperling (2014), existem diversas variantes no sistema de lodos ativados e a escolha dependerá do grau de tratamento desejado. As principais classificações desse sistema são de acordo com a idade do lodo (lodos ativados convencionais ou lodos ativados com aeração prolongada) e com o fluxo (fluxo contínuo ou fluxo intermitente).

OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho é desenvolver um índice para a avaliação da qualidade do monitoramento do efluente líquido industrial de laticínios e do cumprimento de exigências ambientais referentes a essas indústrias e aplicá-lo em laticínios do estado de Minas Gerais.

METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto foi desenvolvido pela Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEAM o Índice de Avaliação da Qualidade do Monitoramento dos Efluentes Líquidos Industriais de Laticínios - IAQML. Para sua elaboração, optou-se pelo Método Delphi, que consiste na aplicação de questionários a um grupo de especialistas, objetivando estabelecer um consenso sobre um determinado tema. Neste sentido foi aplicado o questionário a 20 especialistas de órgãos públicos, universidades e empresas de laticínios. Após a compilação das respostas ao Questionário Delphi, foram estabelecidos os indicadores e subindicadores que fariam parte do IAQML, bem como seus respectivos pesos.

Os empreendimentos de laticínios selecionados para serem avaliados pelo Índice foram aqueles que se enquadravam nas classes de 3 a 6 segundo a DN COPAM n° 74/2004, tinham seus dados (principalmente os relatórios de automonitoramento) disponíveis no Sistema de Informações Ambientais - SIAM e possuíam vigentes, licença de operação, licença de operação corretiva ou revalidação da licença de operação. Assim, o IAQML foi aplicado em 48 empreendimentos localizados no estado de Minas Gerais.

Para cada empreendimento, todos os relatórios de automonitoramento enviados dentro do período de junho de 2008 a dezembro de 2011 foram avaliados individualmente e receberam nota 1 quando o critério em avaliação fosse cumprido ou nota 0 no caso de descumprimento. Dessa maneira, as notas dos empreendimentos nos indicadores e em seus subindicadores representam a porcentagem de relatórios daquele empreendimento que estão de acordo com o critério em avaliação. Essa nota será chamada de porcentagem total e varia de 0 a 100%.

Os quatro indicadores selecionados quando somados totalizam 100 pontos. A definição de cada um deles e seus respectivos pesos podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores do IAQML

INDICADORES	PESO RELATIVO
<p><u>Indicador 1 (QE): Qualidade do efluente líquido industrial tratado:</u></p> <p>Avalia a qualidade do efluente líquido industrial gerado por laticínios, após o tratamento, a fim de verificar o atendimento desse efluente ao padrão de lançamento de efluentes estabelecidos pela legislação ambiental vigente. Atualmente, trata-se da DN COPAM/CERH nº 1/2008 ou Resolução CONAMA nº 430/2011, sendo adotado o valor mais restritivo.</p>	40%
<p><u>Indicador 2 (CP): Cumprimento do programa de automonitoramento de efluentes líquidos industriais:</u></p> <p>Avalia o atendimento ao programa de automonitoramento de efluentes líquidos industriais estabelecido na obtenção da licença ambiental do empreendimento. Dessa forma, visa verificar se todos os parâmetros pedidos estão sendo monitorados e também se estão sendo cumpridas as frequências de análise desses parâmetros e de envio dos relatórios de automonitoramento ao órgão ambiental.</p>	20%
<p><u>Indicador 3 (AL): Adequação dos laboratórios:</u></p> <p>Verifica se os laboratórios responsáveis pela realização de ensaios com efluentes líquidos industriais dos laticínios estão devidamente de acordo com a legislação vigente na época de realização das análises, ou seja, se atendem ao artigo 2º da Deliberação Normativa COPAM nº 89/2005 ou ao artigo 2º da DN COPAM nº 167/2011.</p>	20%
<p><u>Indicador 4 (DS): Destino do soro:</u></p> <p>Avalia como correto ou incorreto, o destino do soro gerado na indústria de laticínios para os casos onde há produção de queijos e geração desse composto.</p>	20%

O Indicador 1 (QE) apresenta 8 subindicadores (Tabela 2), com diferentes pesos relativos, que foram os parâmetros elencados como importantes para essa tipologia industrial para avaliarem a qualidade do efluente. Julgou-se esses parâmetros pelos padrões de atendimento definidos pela DN COPAM/CERH nº 1/2008, por ser essa mais restritiva que a legislação federal, em relação aos tais parâmetros em análise.

Tabela 2. Subindicadores do Indicador 1 (QE) - Qualidade do efluente líquido industrial tratado

SUBINDICADORES:	PESO RELATIVO:
DBO – Demanda bioquímica de oxigênio	19%
DQO – Demanda química de oxigênio	19%
Óleos e graxas	14%
Detergentes (substâncias tensoativas)	10%
Sólidos em suspensão totais	10%
Sólidos sedimentáveis	10%
pH	10%
Temperatura	8%

O Indicador 2 (CP) apresenta 3 subindicadores (Tabela 3) com diferentes pesos relativos, os quais verificam se todos os parâmetros solicitados estão sendo monitorados e se estão sendo cumpridas as frequências de análise e de envio dos relatórios ao órgão ambiental.

Tabela 3. Subindicadores do Indicador 2 (CP) - Cumprimento do programa de automonitoramento de efluentes líquidos industriais

SUBINDICADORES:	PESO RELATIVO:
Proporção de parâmetros monitorados em relação ao total de parâmetros solicitados no programa de automonitoramento	41%
Proporção de períodos em que houve cumprimento da frequência de monitoramento solicitada no programa de automonitoramento	33%
Proporção de períodos em que houve cumprimento da frequência de envio de relatórios solicitados no programa de automonitoramento	26%

Os Indicadores 3 e 4 não possuem divisão em subindicadores. Para avaliação do Indicador 3 (AL), de maio de 2008 até junho de 2011 verifica-se o cumprimento da DN COPAM nº 89/2005, a qual estabelecia que os laboratórios que produzissem ensaios com os efluentes deveriam estar cadastrados junto a FEAM. Após junho de 2011, a legislação vigente passou a ser a DN COPAM nº 167/2011, a qual regia que são considerados válidos os relatórios produzidos por laboratórios que: sejam acreditados para os ensaios realizados junto ao INMETRO ou; sejam homologados junto à Rede Metrológica de âmbito estadual integrante do Fórum de Redes Estaduais e que disponham de um sistema de reconhecimento da competência de laboratórios com base nos requisitos da Norma NBR ISO/IEC 17025. Já para avaliação do Indicador 4 (DS) analisa-se o destino que os empreendimentos geradores de soro dão a esse composto de acordo com a DN COPAM nº 41/2000 que determina, dentre outras coisas, a proibição do lançamento de soro em quaisquer cursos d'água, independente do porte e do potencial poluidor/degradador do empreendimento.

Além dos quatro indicadores, o método Delphi também determinou uma divisão das notas de 0 a 100% em faixas de qualidade. Essas faixas podem ser utilizadas tanto para a nota final dos empreendimentos no IAQML (como exemplificado na Tabela 4), quanto para a nota dos empreendimentos nos Indicadores e em seus Subindicadores.

Tabela 4. Faixas de qualidade para o IAQML

FAIXA DE QUALIDADE	INTERVALO DO IAQML
Excelente	$89 \leq \text{IAQML} \leq 100$
Bom	$70 \leq \text{IAQML} < 89$
Médio	$50 \leq \text{IAQML} < 70$
Ruim	$30 \leq \text{IAQML} < 50$
Muito Ruim	$0 \leq \text{IAQML} < 30$

A nota do IAQML é formada a partir das notas de seus 4 indicadores. Cada indicador tem uma porcentagem total que pode variar de 0 a 100%. Então, para se alcançar a nota final do IAQML de um empreendimento, a porcentagem total obtida em cada indicador é multiplicada por seu respectivo peso relativo e depois todos os valores resultantes são somados, conforme Equação 1.

$$IAQML = \sum_{i=1}^4 PTI_i * PRI_i \quad [1]$$

Onde:

IAQML = Índice de Avaliação da Qualidade do Monitoramento dos Efluentes Líquidos Industriais de Laticínios

i = Indicador avaliado:

PTI_i = Porcentagem total obtida pelo Indicador

PR_i = Peso relativo do indicador

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização dos empreendimentos avaliados pelo IAQML

Dentre os 48 empreendimentos avaliados, 42 deles pertencem à tipologia D-01-06-6, referente à preparação do leite e fabricação de produtos de laticínios e têm médio potencial poluidor. Já os 6 empreendimentos restantes pertencem à tipologia D-01-07-4, resfriamento e distribuição do leite em instalações industriais e têm pequeno potencial poluidor.

Dentre os 48 empreendimentos avaliados, 25 deles (52%) apresentam capacidade instalada até 80.000 L/dia. Os empreendimentos restantes variam bastante em sua capacidade instalada, podendo chegar até a 1.600.000 L/dia.

Quanto ao tipo de tratamento, verificou-se que o mais utilizado é o sistema de lodos ativados, o qual foi encontrado em 19 empreendimentos. Além disso, em outros 9 empreendimentos os lodos ativados são utilizados em combinação com outro sistema, como reator anaeróbio de fluxo ascendente - UASB ou lagoas.

Resultados do Indicador 1 (QE)

Considerando o conjunto de todos os 48 empreendimentos, a nota média nesse indicador foi de 73,9% (faixa de qualidade boa). A distribuição das notas de cada empreendimento nas faixas de qualidade do IAQML pode ser visualizada na Figura 1.

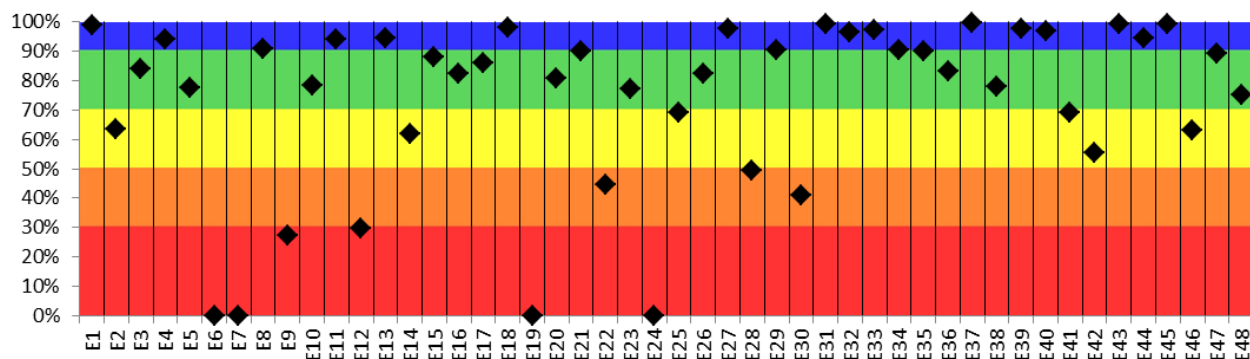


Figura 1. Distribuição das notas dos empreendimentos no Indicador 1 (QE)

Já em relação aos subindicadores, as notas médias de atendimento ao padrão de lançamento da legislação (considerando os 48 empreendimentos) foram às seguintes: 90,6% para temperatura; 83,7% para pH; 78,8% para óleos e graxas; 75,2% para sólidos sedimentáveis; 74,3% para detergentes; 73,3% para DQO; 66,4% para DBO; e 65,7% para sólidos suspensos.

Considerando-se somente as notas do subindicador de sólidos suspensos (menor média entre os subindicadores) e as relacionado com os tipos de tratamento realizados pelos empreendimentos, foi possível observar que os sistemas de tratamento predominantemente aeróbios, mais uma vez, tiveram as melhores notas ficando com a média de 79,7%. Já os sistemas de tratamento predominantemente anaeróbios obtiveram novamente as piores notas, ficando com média de 44,0% para o subindicador sólidos suspensos.

Ao se cruzar os dados das notas do Indicador 1 (QE) com os tipos de tratamento realizados pelos empreendimentos, foi possível observar que os sistemas de tratamento predominantemente aeróbios tiveram as melhores notas para esse indicador ficando com nota média de 84,7%. Já os tratamentos predominantemente anaeróbios obtiveram as piores notas, atingindo a média de 52,7%. Esses resultados estão de acordo com MACHADO et al.(1999; 2002), que afirmam que os sistemas aeróbios como os de lodos ativados são mais indicados para o tratamento dos efluentes de laticínios.

Resultados do Indicador 2 (CP)

A nota média nesse indicador, considerando todos os empreendimentos, foi de 67,2% (faixa de qualidade média). A distribuição das notas de cada empreendimento nas faixas de qualidade do IAQML pode ser visualizada na Figura 2.

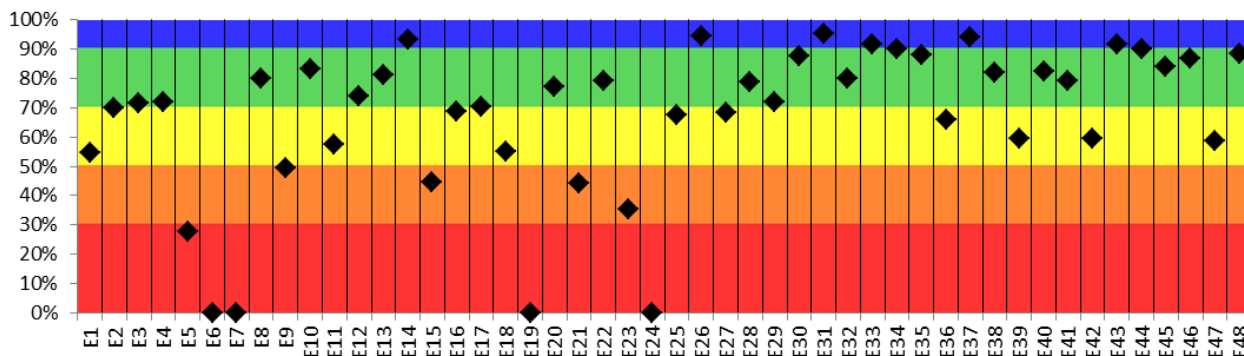


Figura 2. Distribuição das notas dos empreendimentos no Indicador 2 (CP)

Já em relação aos subindicadores, as notas médias de atendimento ao programa de automonitoramento (considerando todos os empreendimentos) foram as seguintes: 83,1% para a proporção de parâmetros monitorados; 66,0% para o cumprimento da frequência de monitoramento; e 41,0% para o cumprimento da frequência de envio.

Resultados do Indicador 3 (AL)

A nota média nesse indicador, considerando todos os empreendimentos, foi de 86,8% (faixa de qualidade boa). A distribuição das notas de cada empreendimento nas faixas de qualidade do IAQML pode ser visualizada na Figura 3.

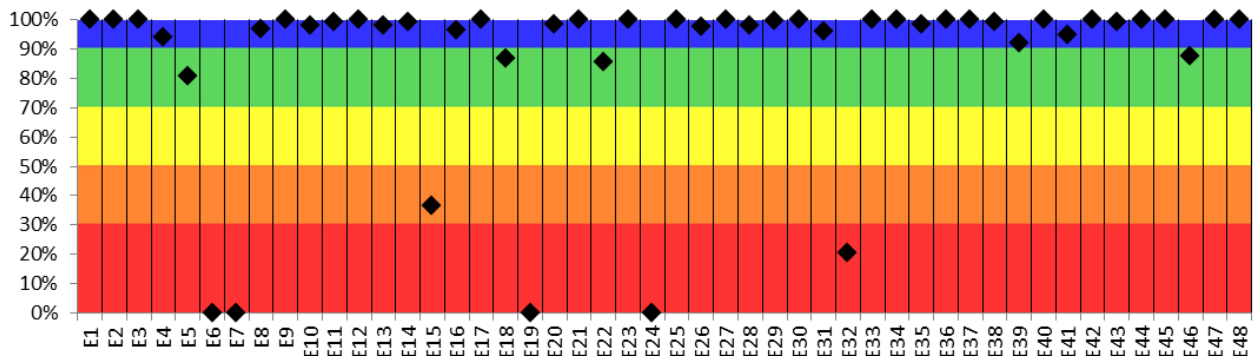


Figura 3. Distribuição das notas dos empreendimentos no Indicador 3 (AL)

Resultados do Indicador 4 (DS)

A nota média nesse indicador, considerando todos os empreendimentos, foi de 100% (faixa de qualidade excelente). Assim, nenhum empreendimento avaliado lançava o soro diretamente nos cursos d'água. Entre as destinações dadas: 56% doavam o soro aos produtores rurais, 25% reutilizavam em seu processo produtivo, 17% o comercializava e 2% destinava o soro para adubação.

Resultados do IAQML

Considerando todos os 48 empreendimentos avaliados pelo IAQML, a nota média no índice foi de 79,3% (faixa de qualidade boa). A distribuição das notas de cada empreendimento nas faixas de qualidade do IAQML pode ser visualizada na Figura 4.

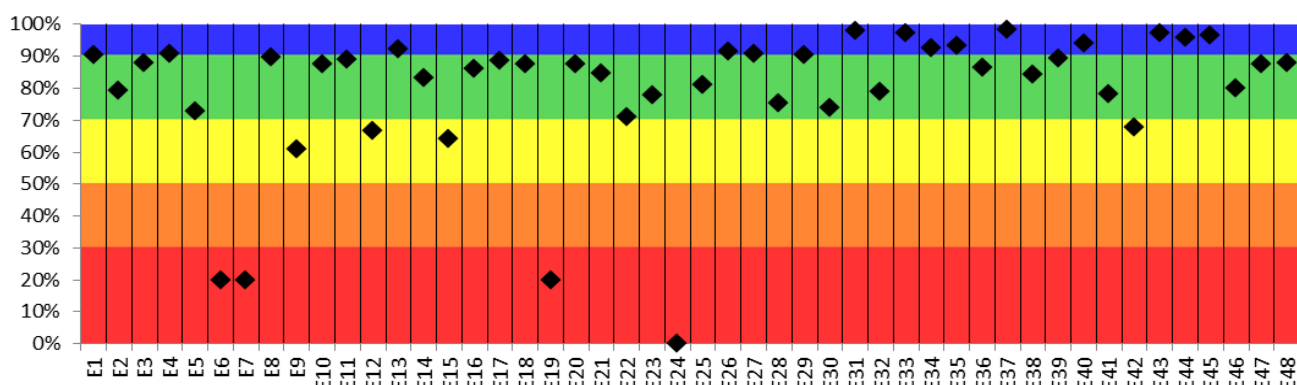


Figura 4. Distribuição das notas dos empreendimentos no IAQML

Considerando-se todos os empreendimentos, 83,3% recebeu nota entre excelente e bom. Apesar do ideal ser que todos tirassem 100%, pois deveriam cumprir com todas as suas obrigações ambientais, esse resultado demonstra que a situação geral não é tão ruim, pois a maioria das notas obtidas pelos empreendimentos não foi tão baixa. Por outro lado, 16,7 % dos empreendimentos ainda se encontram em situação crítica.

CONCLUSÕES

O IAQML se mostrou uma metodologia apropriada para avaliar a qualidade do monitoramento do efluente líquido industrial dos laticínios, bem como o cumprimento das demais exigências ambientais relacionadas a essa tipologia. Com isso, foi possível estabelecer um panorama dos laticínios em Minas Gerais, através de um único valor para cada empreendimento, o qual pode ser facilmente compreendido pela população em geral e utilizado pelos tomadores de decisão. Além de uma nota final no IAQML, cada empreendimento avaliado recebeu também notas intermediárias para cada um dos indicadores e subindicadores, permitindo assim, que análises mais detalhadas dos dados também sejam realizadas.

Foi demonstrado que mais de 80% dos laticínios avaliados tem sua nota final no IAQML entre as faixas de qualidade excelente e bom. Entretanto, alguns laticínios mesmo que mal avaliados em algum indicador ou subindicador, ainda ficaram com uma boa nota no IAQML, devido ao efeito positivo dos Indicadores 3 e 4 que puxaram para cima a média da maioria dos empreendimentos.

Dessa forma, mesmo que a situação geral seja boa, ainda há muito a melhorar, tanto em relação ao cumprimento das obrigações ambientais por parte dos empreendimentos, quanto a alguns detalhes da forma como os empreendimentos são avaliados pelos órgãos ambientais competentes, como exemplo, foram identificadas durante a realização do IAQML algumas falhas nos programas de automonitoramento, entre elas a solicitação de parâmetros indevidos para o setor de laticínios ou falta de variáveis essenciais à análise.

APOIO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG

REFERÊNCIAS

a) Relatório técnico:

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. IAQML – Índice de avaliação da qualidade do monitoramento dos efluentes líquidos industriais de laticínios / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2015. 116p.

b) Livro:

MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, P. C.; FIGUERÊDO, D. V.; FERREIRA, P. E. *Minas Ambiente – Controle Ambiental nas Pequenas e Médias Indústrias de Laticínios*, Belo Horizonte, 2002, 223 p.

c) Artigo em anais de congresso ou simpósio:

MACHADO, R. M. G.; da SILVA, P. C.; CASSEB, M. M. S.; PRINCE, A. A.; FREIRE, V. H. Sistemas de Tratamento Utilizados para Efluentes Líquidos de Laticínios. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, Rio de Janeiro – RJ, 1999.

d) Artigo em revista:

RAMJEAWON, T. Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories. *Journal of Cleaner Production*, v. 8, p. 503-510, 2000.