

Saneamento ambiental em atividades agropecuárias

- **Legislação ambiental**
- **Recursos hídricos**
- **Caracterização e tratamento de águas residuárias**



Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia
FEPMVZ Editora

Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de Minas Gerais
CRMV-MG



Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de Minas Gerais

PROJETO DE EDUCAÇÃO CONTINUADA

É o CRMV-MG participando do processo de atualização técnica dos profissionais e levando informações da melhor qualidade a todos os colegas.



VALORIZAÇÃO PROFISSIONAL
compromisso com você

www.crmvmg.org.br



Editorial

A Escola de Veterinária e o Conselho Regional de Medicina Veterinária Minas Gerais, com satisfação, colocam a disposição da comunidade de leitores o terceiro número do Cadernos Técnicos de 2012. Consolidando a parceria e compromisso da Escola de Veterinária e do Conselho Regional de Medicina Veterinária com a educação continuada da comunidade dos Médicos Veterinários e Zootecnistas de Minas Gerais.

O número 3, Saneamento ambiental em atividades agropecuárias, apresenta um assunto de altíssima relevância, pois o manejo dos recursos hídricos, captação e tratamento, bem como o manejo das águas residuárias serão um dos principais gargalos na atividade da agroindústria. Deste modo este volume irá contribuir para o melhor entendimento destas questões pelos profissionais da área.

Portanto, parabéns à comunidade de leitores que utilizam o Cadernos Técnicos para educação continuada, uma experiência que transcende a graduação e a pós-graduação.

Ainda, a Escola de Veterinária tem a satisfação de divulgar a celebração dos seus 80 anos, incluindo uma página com sua história de consistência e compromisso com o ensino, a pesquisa e extensão, atingindo desta forma tanto os profissionais da área como toda a sociedade mineira, brasileira e internacional.

Prof. Antonio de Pinho Marques Junior
Editor-Chefe do Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (ABMVZ)

Prof. José Aurélio Garcia Bergmann
Diretor da Escola de Veterinária da UFMG

Prof. Marcos Bryan Heinemann
Editor do Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia

Prof. Nivaldo da Silva
CRMV-MG nº 0747 – Presidente do CRMV-MG

**Universidade Federal
de Minas Gerais**

Escola de Veterinária

Fundação de Estudo e Pesquisa em
Medicina Veterinária e Zootecnia
- FEPMVZ Editora

**Conselho Regional de
Medicina Veterinária do
Estado de Minas Gerais
- CRMV-MG**

Correspondência:

FEPMVZ Editora

Caixa Postal 567

30123-970 - Belo Horizonte - MG

Telefone: (31) 3409-2042

E-mail: journal@vet.ufmg.br

Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de Minas Gerais - CRMV-MG

Presidente:

Prof. Nivaldo da Silva

E-mail:

crmvmg@crmvmg.org.br

CADERNOS TÉCNICOS DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

Edição da FEPMVZ Editora em convênio com o CRMV-MG
Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia - FEPMVZ

Editor da FEPMVZ Editora:

Prof. Antônio de Pinho Marques Junior

Editor do Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia:

Prof. Marcos Bryan Heinemann

Editora convidada para edição 66:

Prof Luciano dos Santos Rodrigues

Revisora autônoma:

Giovanna Spotorno Moreira

Tiragem desta edição:

9.100 exemplares

Layout e editoração:

Soluções Criativas em Comunicação Ltda.

Fotos da capa:

Beatriz Marques Andrade

Impressão:

Imprensa Universitária

**Permite-se a reprodução total ou parcial,
sem consulta prévia, desde que seja citada a fonte.**

Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia. (Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG)

N.1- 1986 - Belo Horizonte, Centro de Extensão da Escola de Veterinária da UFMG, 1986-1998.

N.24-28 1998-1999 - Belo Horizonte, Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, FEP MVZ Editora, 1998-1999

v. ilustr. 23cm

N.29- 1999- Belo Horizonte, Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, FEP MVZ Editora, 1999-Periodicidade irregular.

1. Medicina Veterinária - Periódicos. 2. Produção Animal - Periódicos. 3. Produtos de Origem Animal, Tecnologia e Inspeção - Periódicos. 4. Extensão Rural - Periódicos.

I. FEP MVZ Editora, ed.

Linha do Tempo da Escola de Veterinária

80 anos de história



1920

Criada a Escola Superior de Agricultura do Estado de Minas Gerais, pela Lei nº 761, de 6 de setembro, fixando-se na cidade de Viçosa para sua instalação.

1926

Aprovado projeto e instalação do curso de veterinária naquela Escola, pelo Decreto nº 7.323, de 26 de Agosto. Inauguração da Escola Superior de Agricultura e Veterinária do Estado de Minas Gerais, sob a sigla ESAV.



1932

Instalação do curso superior de veterinária, a 1º de março.

1935

Gradação da primeira turma de médicos veterinários, com 4 diplomados.

1942

Desmembramento do curso de veterinária da ESAV e sua transferência para Belo Horizonte, com o nome de Escola Superior de Veterinária, subordinada ao Departamento de Ensino Técnico da Secretaria de Agricultura, Comércio e Trabalho do Estado de Minas Gerais e instalada na Gameleira. A Escola passa a funcionar na Gameleira, onde atualmente funciona o Parque de Exposições e a Fundação Ezequiel Dias (FUNED).



1943

Criação do Centro de Estudos de Veterinária, pelos 16 professores e 41 alunos do então; Gradação da primeira turma em Belo Horizonte, com 13 diplomados.

Lançamento do primeiro número da revista técnico-científica "Arquivos da Escola Superior de Veterinária do Estado de Minas Gerais", hoje "Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia".

1948

Criação da Universidade Rural do Estado de Minas Gerais (UREMG), reunindo a Escola Superior de Agricultura, de Viçosa, com a Escola Superior de Veterinária, de Belo Horizonte.

1954

Com o intuito de difundir a prática do esporte e promover a confraternização entre estudantes, professores e funcionários, é criada a Associação Atlética Acadêmica da Escola.



1953

Criação do Jornal "Benzeno", do Diretório Acadêmico, para publicação das atividades, ideias e debates que envolviam os estudantes.

1960

Mudança da Escola Superior de Veterinária para a região da Nova Gameleira, onde hoje atualmente funciona o campus 2 do CEFET-MG.

1961

Federalização da Escola Superior de Veterinária e sua incorporação à então Universidade de Minas Gerais, posteriormente UFMG.

1963

Aquisição da Fazenda Experimental, com 243 hectares, no município de Igarapé.



1968
Instalação do curso de pós-graduação em Medicina Veterinária.

1965
Criação do Centro de Extensão, pioneiro na UFMG.

1969

Instalação do curso de pós-graduação em Zootecnia.

1973

Criação da Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia (FPEPMVZ); Construção da escultura "O Boi", que mais tarde viria se tornar o símbolo da Escola.

1974

Mudança para os atuais instalações, no campus da Pampulha da UFMG.



1986

Publicação da 500ª tese de mestrado

1988

Inauguração do Auditório principal da Escola.



1989

Instalação do curso de doutorado em Ciência Animal.

1993

Agregação da Fazenda Modelo de Pedro Leopoldo.

2003

Criação do Laboratório de Análise da Qualidade do Leite.



2009

Ingresso da primeira turma de graduação em Aquicultura.

2011

O curso de especialização em residência em Medicina Veterinária passa a se chamar "Programa de Residência Integrada em Medicina Veterinária", com financiamento via Ministério da Educação e bolsas do mesmo valor dos programas de residência médica; Comemoração dos 80 anos da Escola de Veterinária da UFMG.

1985

Início da realização das Aulas Práticas Integradas de Campo (APC), que viria a ser oficializada enquanto atividade de ensino dois anos depois



1998

Criação do curso de especialização em Residência Médico-Veterinária.

2005

Criação do laboratório de Calorimetria e Metabolismo Animal, pioneiro na América Latina;

2006

Criação do Laboratório de Aquicultura.

2008

Aprovação da criação do curso de graduação em Aquicultura, através de recursos do Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI).

2011

Comemoração dos 250 anos de ensino de Medicina Veterinária no mundo, e 100 anos no Brasil. Na Escola foram realizadas diversas atividades memorativas.



Prefácio

Luciano dos Santos Rodrigues

Israel José da Silva

Professores da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais

Os sistemas de produção animal sempre foram alvos de inovações tecnológicas para melhorias de performances em conversão alimentar, na qualidade das carcaças, técnicas de reprodução, softwares de gerenciamento e na sanidade do plantel. Entretanto, muito pouco se trabalhou na vertente de se obter um animal ou produto deste, como menor quantidade de resíduos gerados por unidade de produção. Na concepção de produtividade hoje, a escala por unidade de área ou tempo, com qualidade da mercadoria são os referenciais exigidos pelo mercado.

Hoje sabidamente, como em outros nichos de produção, os produtos de origem animal terão pela frente a barreira de serem produzidos de forma limpa, ou seja sem causar impacto ambiental. Neste aspecto muito terá que ser feito para se quebrar paradigmas que predominam no sistema atual. Os profissionais que atuam na área de produção deverão ter foco nos impactos gerados na forma de produção, além das metas de lucro. Precisarão ter conhecimento como mitigar os impactos ambientais, pois poderão ser surpreendidos na hora da aprovação dos projetos agropecuários nos fóruns de homologação das licenças ambientais ou outorga do uso da água.

Acreditamos que os novos profissionais terão que avaliar nos projetos, situações onde o desperdício de água, a falta de captação de águas pluviais em calhas, a redução de emissão

de gases nocivos e o lançamento de altas cargas com resíduos químicos e orgânicos sejam vistos como condição *sine qua non* e que profissionais que entendam de efluentes e resíduos possam opinar antes que o projeto venha a ser executado com as reformulações para o atendimento legal. Situação esta, não raramente, expõe a falta de inserção dos profissionais de ciência animal no âmbito das questões ambientais.

Logo, uma visão onde os efluentes sejam olhados dentro do custo da matriz de produção, passa ser um requisito para os profissionais que terão que andar em simbiose com os órgãos reguladores e fiscalizadores das leis ambientais, evitando a reengenharia dos projetos com o somatório de custos extras em adaptações e reformas, nem sempre adequadas financeiramente à matriz de produção.

Esta edição do Caderno Técnico revisa os principais aspectos do uso da água, e sua legislação ambiental, os recursos hídricos, a caracterização de águas residuárias e o tratamento de águas residuárias dentro da atividade agropecuária. Espera-se desta forma trazer o conhecimento da questão hídrica na agroindústria aos leitores deste volume.

Sumário

Legislação ambiental em atividades agropecuárias	11
<i>Revisão detalhada sobre as principais leis ambientais que regem a atividade agropecuária.</i>	
Recursos hídricos na agropecuária	29
<i>O artigo aborda as principais características biológicas e químicas e usos da água na agropecuária.</i>	
Caracterização de águas residuárias em sistemas de produção animal.....	54
<i>Revisão sobre as características física, química e biológicas dos efluentes e exigências legais sobre as águas residuárias na agroindústria</i>	
Tratamento de águas residuárias de sistemas de produção animal.....	73
<i>Como fazer e quais os tipos de tratamento de águas residuárias nos sistemas de produção animal.</i>	

Legislação ambiental em atividades agropecuárias



bigstockphoto.com

Luciano dos Santos Rodrigues

Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, MG
E-mail: lsantosrodrigues@gmail.com

Introdução

As leis ambientais foram instituídas com o objetivo de disciplinar o uso dos recursos naturais (água, solo, ar, florestas) devido a sua escassez no decorrer das décadas.

Na agropecuária, atividades como geração de efluentes provenientes da limpeza das instalações, consumo excessivo de água, desmatamento, erosão e uso descontrolado de agrotóxicos

impactam o meio ambiente, poluindo-o; por isso, leis foram estabelecidas visando à produção de forma sustentável. No Brasil, elas estão descritas na Constituição Federal, no Código Florestal Brasileiro, na Lei de Crimes Ambientais, na Política Nacional do Meio Ambiente, na Política Nacional dos Recursos Hídricos, além das resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A finalidade deste capítulo foi a de

reunir informações para a regularização ambiental das atividades agropecuárias e agroindustriais contemplando leis e resoluções ambientais nacionais.

Regularização ambiental

A regularização ambiental pode ser entendida como sendo o ato pelo qual o empreendedor atende às precauções que lhe foram requeridas pelo poder público referentes ao Licenciamento Ambiental, à Autorização Ambiental de Funcionamento, à Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, ao Cadastro de Uso Insignificante, à Supressão de Vegetação Nativa e à Intervenção em Área de Preservação Permanente.

A regularização ambiental de qualquer atividade produtiva, além de obrigatória, constitui uma medida para a sustentabilidade socioambiental. O cumprimento da legislação ambiental representa diminuição dos custos de produção e melhoria da qualidade de vida dos seres humanos e das demais formas de vida.

No Estado de Minas Gerais, as atribuições de Regularização Ambiental são exercidas pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), por intermédio das Câmaras Especializadas, das Unidades Regionais Colegiadas

(URCs), das Superintendências Regionais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Suprams), da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e do Instituto Estadual de Florestas (IEF), de acordo com o art. 1.º do Decreto Estadual nº 44.844/08¹.

Para mais informações, consultar o site www.meioambiente.mg.gov.br.

Reserva Legal

Reserva Legal (RL) é a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excluindo-se a de preservação permanente, indispensável ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.

As áreas de RL amenizam a erosão, os ventos, a temperatura, o excesso de exposição do solo ao sol e servem como reservatório da biodiversidade da propriedade. São refúgios para es-

pécies migratórias e bancos de sementes de vegetação primária. Quanto mais espécies vivas diferentes existirem na RL, maior será o equilíbrio ambiental da propriedade rural. Nessas áreas con-

Em Minas Gerais, as atribuições de Regularização Ambiental são exercidas pelo COPAM, por intermédio das URCs, das Suprams, da FEAM do IGAM e do IEF, de acordo com o art. 1.º do Decreto Estadual nº 44.844/08¹. Para mais informações, consultar o site www.meioambiente.mg.gov.br.

servadas, há um grande número de predadores naturais de pragas das lavouras, consequentemente, o uso dos agrotóxicos pode ser diminuído, melhorando a saúde do ambiente e das pessoas.

Não é permitido o corte raso da vegetação ou a alteração das características naturais da Reserva Legal. A manutenção dessa área preservada oferece novas alternativas de renda por intermédio da madeira para o consumo básico, dos produtos não madeireiros (óleos, resinas, etc.), da criação de animais silvestres, plantas medicinais, da meliponicultura, da coleta de flores, frutos e sementes silvestres, dentre outras.

Segundo a Lei nº 4.771² (Código Florestal), a Reserva Legal de propriedades situadas no Bioma Cerrado deverá ocupar, no mínimo, 20% de sua área. Nas propriedades rurais situadas em áreas de Cerrado localizadas na Amazônia Legal, a Reserva Legal deve ser, no mínimo, 35% da área da propriedade, podendo ser de 20%, no mínimo, situada dentro da propriedade e 15% na forma de compensação em outra área, desde que esteja localizada na mesma

A Reserva Legal de propriedades situadas no Bioma Cerrado deverá ocupar, no mínimo, 20% de sua área. Nas propriedades rurais situadas em áreas de Cerrado localizadas na Amazônia Legal, a Reserva Legal deve ser, no mínimo, 35% da área da propriedade.

Nas propriedades rurais situadas em área de floresta localizada na Amazônia Legal, a Reserva Legal deve ser de 80% da área dessas propriedades.

microbacia.

Nas propriedades rurais situadas em área de floresta localizada na Amazônia Legal, a Reserva Legal deve ser de 80% da área dessas propriedades. Caso a propriedade seja situada em área de floresta e de cerrado de forma simultânea, o percentual de Reserva Legal será definido considerando-

-se cada situação separadamente, ou seja, os dois ecossistemas, conforme a legislação.

A localização da Reserva Legal deve ser aprovada pelo órgão ambiental estadual competente ou, mediante convênio, pelo órgão ambiental municipal ou outra instituição devidamente habilitada, devendo ser registrada na escritura

do imóvel e averbada em cartório, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão, a qualquer título, ou de desmembramento da área.

A Reserva Legal será demarcada a critério da autoridade competente,

preferencialmente em terreno contínuo e com cobertura vegetal nativa, respeitadas as peculiaridades locais e o uso econômico da propriedade, evitando-se a fragmentação dos remanescentes

da vegetação nativa e mantendo-se os corredores necessários ao abrigo e ao deslocamento da fauna silvestre.

Há a possibilidade da formação de Reservas Legais em condomínios, as quais podem ser negociadas com outros proprietários rurais que não possuem Reservas Legais. Os condomínios de Reserva Legal devem ser constituídos, de preferência, na microbacia hidrográfica em que se localiza a propriedade.

A área de Reserva Legal será averbada no registro do imóvel, no Cartório de Registro de Imóveis competente, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão a qualquer título.

Para cumprimento do previsto no parágrafo anterior, o proprietário deve assinar o Termo de Responsabilidade de Averbação e Preservação de Reserva Legal, devidamente aprovado pelo órgão ambiental competente.

Na posse rural, a Reserva Legal é assegurada por Termo de Compromisso de Averbação e Preservação de Reserva Legal, devidamente demarcada na planta topográfica ou croqui, sendo firmado pelo possuidor com o IEF (Instituto Estadual Florestal), com força de título executivo extrajudicial.

Após o seu registro, o produtor rural

deverá providenciar o preenchimento do Ato Declaratório Ambiental – ADA, no IBAMA. É importante destacar que a Reserva Legal deverá ser aprovada pelo órgão ambiental habilitado em sua região antes de ser registrada em cartório.

Áreas de preservação permanente

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo, dar equilíbrio ecológico às áreas de cultivo e assegurar o bem-estar das populações humanas. A ausência da vegetação ciliar, por exemplo, provoca a diminuição de peixes que se alimentam dos frutos que caem nos rios e córregos.

Nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) só é permitido o acesso de pessoas e animais para a obtenção de água e atividades de baixo impacto, desde que, para isso, não seja suprimida ou comprometida a regeneração e a manutenção da vegetação nativa. As APPs são áreas que garantem a saúde da propriedade e representam uma opção a mais para a manutenção da biodiversidade e de mananciais.

A área de Reserva Legal será averbada no registro do imóvel, no Cartório de Registro de Imóveis competente, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão a qualquer título.

Para regularizar a APP, deve ser feito um laudo técnico por profissional qualificado. A partir de 2011, o laudo já deverá ser baseado em georreferenciamento, plotando-se as Áreas de Preservação Permanente no mapa.

De acordo com art. 2.º do Código Florestal, consideram-se Áreas de Preservação Permanente as florestas e demais formas de vegetação natural, situadas:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal em função da largura mínima, apresentadas na Tabela 1;
- b) ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados "olhos-d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m (cinquenta metros) de largura;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas dos tabuleiros ou cha-

padas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m (cem metros) em projeções horizontais;

- h) em altitude superior a 1.800m (mil e oitocentos metros), qualquer que seja a vegetação.

Exploração florestal

A intervenção em vegetação nativa, floresta plantada e APP bem como a alteração do solo são licenciadas em conformidade com a Lei nº 14.309/2002³ e com o Decreto nº 43.710/2004⁴.

1. Intervenção em Vegetação Nativa

Considera-se intervenção em vegetação nativa "o corte raso com ou sem destoca, a limpeza de área com rendimento lenhoso, a destoca, a coleta de espécimes madeiráveis (frutos, cascas, folhas, bulbos e raízes, caules, etc.), a supressão de vegetação campestre, a supressão de árvores isoladas, a exploração de madeira e lenha para uso doméstico, inclusive em Reserva Legal, bem como a exploração em regime de Manejo Florestal". Fica dispensada de

Tabela 1 – Faixa de APP em função da largura do curso d'água

Largura do curso d'água	APP
< 10 m	30 m
10 a 50 m	50 m
50 a 200 m	100 m
200 a 600 m	200 m
> 600 m	500 m

autorização a extração de lenha em regime individual ou familiar para o consumo doméstico, desde que cumpridas as disposições da Portaria nº 122/2005⁵ e demais normas legais vigentes.

2. Alteração do Uso do Solo

Considera-se alteração do uso do solo, “a remoção da vegetação nativa, através de corte raso, com ou sem destoca, de forma manual ou mecanizada, para fins de implantação de atividades agrossilvopastoris, construção ou instalação de benfeitorias e demais atividades que impliquem na eliminação total ou parcial da vegetação existente, na área objeto de exploração”. Para toda alteração, é necessária a apresentação do Plano de Utilização Pretendida, estabelecido pela Portaria nº 191/05⁶.

3. Intervenção em Floresta Plantada

Floresta plantada “é aquela originada de plantio homogêneo ou não, com espécie exótica ou nativa, na qual se utilizam técnicas apropriadas, visando à obtenção de produtividade economicamente viável”.

A colheita e a comercialização de produtos e subprodutos originados de florestas plantadas com espécies exóticas dependem de prévia comunicação ao IEF, por meio da Declaração de Colheita e Comercialização – DCC, instituída pela Portaria nº 191/2005⁶.

4. Intervenção em Área de Preservação Permanente - APP

Só poderá ser autorizada uma intervenção em APP em caso de utilidade pública ou de interesse social, devidamente caracterizado, quando não existir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto.

Unidades de conservação

As unidades de conservação foram instituídas pela Lei nº 9.985⁷, de 18 de julho de 2000, e são definidas como sendo o “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

As unidades de conservação são classificadas em dois grupos:

1. Unidades de conservação de proteção integral, ou de uso indireto, aquelas em que haverá a conservação dos atributos naturais, efetuando-se a preservação dos ecossistemas em estado natural com um mínimo de alterações, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais.

As unidades de conservação de proteção integral são compostas pelas seguintes categorias:

1.1. Parque Nacional (PARNA): unidade de conservação composta por

área natural, de domínio público, que contém características naturais únicas ou espetaculares de importância nacional. Ela deve ser pouco ou nada alterada ecologicamente, representativa e relativamente extensa (superior a 1.000ha). Os objetivos do manejo são: proteger e preservar unidades importantes ou sistemas completos de valores naturais ou culturais, proteger recursos genéticos, desenvolver a educação ambiental, oferecer oportunidades para a recreação pública e proporcionar facilidades para a investigação científica.

1.2. Reserva Biológica (REBIO): unidade de conservação composta por área natural não perturbada por atividade humana, que compreende características e/ou espécies da fauna ou flora de significado científico. Os objetivos do manejo são o de proteger a natureza (de espécies a ecossistemas) e manter o processo em um estado sem perturbações, visando proteger amostras ecológicas representativas para estudos científicos, monitoramento ambiental, educação científica e para manter recursos genéticos em um estágio evolutivo dinâmico.

1.3. Estação Ecológica (ESEC): unidade de conservação em áreas de domínio público, a qual visa proteger amostras dos principais ecossistemas do país. É permitida a alteração em até 10% da área. Os objetivos específicos do manejo consistem em proporcionar condições para pesquisas e monitoramento ambiental, educação e, quando possível, facilitar a recreação.

1.4. Reserva Ecológica (RESEC): unidade de conservação de domínio público que pode ter as mesmas características da ESEC e da REBIO.

1.5. Reserva Privada do Patrimônio Natural (RPPN): área natural ou pouco alterada, de tamanho variável, cuja preservação, por iniciativa do proprietário, é reconhecida pelo IBAMA ou por órgão estadual do meio ambiente (somente nos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná e Bahia).

2. Unidades de conservação de uso sustentável, ou de uso direto, aquelas em que haverá conservação dos atributos naturais, sendo admitida a exploração de parte dos recursos disponíveis em regime de manejo sustentável. Nessas unidades, procura-se conciliar a preservação da diversidade biológica e dos recursos naturais com o uso sustentado de parte desses recursos.

As unidades de uso sustentável são compostas pelas seguintes categorias:

2.1. Reserva Extrativista (RESEX): unidades de conservação compostas por áreas naturais ou parcialmente alteradas, habitadas por populações tradicionalmente extrativistas que as utilizam como fonte de subsistência para a coleta de produtos da biota nativa.

2.2. Área de Proteção Ambiental (APA): unidades de conservação compostas por áreas públicas e/ou privadas, as quais têm o objetivo de disciplinar o processo de ocupação das terras e o de promover a proteção dos recursos abióticos e bióticos dentro de seus limites,

de modo a assegurar o bem-estar das populações humanas que ali vivem, resguardar ou incrementar as condições ecológicas locais e manter paisagens e atributos culturais relevantes.

2.3. Floresta Nacional (FLONA): unidades de conservação de domínio público, providas de cobertura vegetal nativa ou plantada, estabelecidas com os objetivos de promover o manejo dos recursos naturais com ênfase na produção de madeira e outros produtos vegetais, de garantir a proteção de recursos hídricos, das belezas cênicas e dos sítios históricos e arqueológicos, assim como fomentar o desenvolvimento da pesquisa científica básica e aplicada, da educação ambiental e das atividades de recreação, lazer e turismo.

2.4. Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE): área, em geral, de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, a qual tem como objetivos manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.

Licenciamento ambiental

Licenciamento ambiental é conceitu-

ado pela Resolução CONAMA 237/97⁸ como sendo o “procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras; ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso”.

Já a licença ambiental é definida pela mesma resolução, como: o “ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental”.

A licença ambiental é, portanto, uma autorização emitida pelo órgão público competente. Ela é concedida ao empreendedor para que exerça seu direito à livre iniciativa, desde que atendidas as precauções requeridas, a fim de resguardar o direito coletivo ao meio

O licenciamento ambiental é composto por três tipos de licença: prévia, de instalação e de operação. Cada uma se refere a uma fase distinta do empreendimento e segue uma sequência lógica de encadeamento.

ambiente ecologicamente equilibrado. Importante notar que, devido à natureza da licença ambiental, esta possui caráter precário. Exemplo disso é a possibilidade legal de a licença ser cassada caso as condições estabelecidas pelo órgão ambiental não sejam cumpridas.

O licenciamento ambiental é composto por três tipos de licença: prévia, de instalação e de operação. Cada uma se refere a uma fase distinta do empreendimento e segue uma sequência lógica de encadeamento.

I - Licença Prévia (LP) – concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação.

II – Licença de Instalação (LI) – autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes.

III – Licença de Operação (LO) – autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Se o requerimento de licença ambiental é apresentado quando o empreendimento ou atividade está na fase de

planejamento, diz-se que está ocorrendo licenciamento preventivo. Entretanto, se o empreendimento ou atividade está na fase de instalação ou operação, diz-se que o licenciamento é corretivo, podendo ter, assim, a licença de instalação corretiva (LIC) ou a licença de operação corretiva (LOC), dependendo da fase em que é apresentado o requerimento de licença.

O procedimento de obtenção do licenciamento ambiental obedece às seguintes etapas:

1. Definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença a ser requerida.
2. Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade.
3. Análise pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e realização de vistorias técnicas, quando necessárias.
4. Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, quando couber, po-

dendo haver a reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e as complementações não tenham sido satisfatórios.

5. Audiência pública, quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente.
6. Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, decorrentes de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e as complementações não tenham sido satisfatórios.
7. Emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico.
8. Deferimento ou indeferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.

No procedimento de licenciamento ambiental, deverá constar, obrigatoriamente, a certidão da Prefeitura Municipal declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo e, quando for o caso, a autorização para supressão de vegetação e a outorga para o uso da água, emitidas pelos órgãos competentes.

Essas licenças não eximem o empreendedor da obtenção de outras autorizações ambientais específicas junto

aos órgãos competentes, a depender da natureza do empreendimento e dos recursos ambientais envolvidos. Atividades que se utilizam de recursos hídricos, por exemplo, também necessitarão da outorga de direito de uso desses, conforme os preceitos constantes da Lei 9.433/97⁹, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Em Minas Gerais, o licenciamento ambiental é de responsabilidade da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), da

qual fazem parte o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), o Instituto Estadual de Florestas (IEF), e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

Deliberação normativa COPAM nº 74, de 09 de setembro de 2004

A DN 74/04¹⁰ é a norma legal que regulamenta o licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais e estabelece critérios para a classificação dos empreendimentos e atividades em conformidade com porte e potencial poluidor.

De acordo com a DN 74/04, os empreendimentos são classificados nas seguintes classes:

Classe 1: pequeno porte e pequeno ou médio potencial poluidor

De acordo com a DN 74/04, os empreendimentos são classificados nas seguintes classes conforme seu porte e potencial poluidor.

Classe 2: médio porte e pequeno potencial poluidor

Classe 3: pequeno porte e grande potencial poluidor ou médio porte e médio potencial poluidor

Classe 4: grande porte e pequeno potencial poluidor

Classe 5: grande porte e médio potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor

Classe 6: grande porte e grande potencial poluidor

Os empreendimentos enquadrados nas classes 1 e 2, considerados de impacto ambiental não significativo, estão dispensados do licenciamento ambiental e devem, obrigatoriamente, requerer a Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF), que é um processo mais rápido e simples para a regularização ambiental.

Para as demais classes, a regularização ambiental deve ser realizada com os requerimentos das licenças prévia, de instalação e de operação.

As atividades em que é obrigatória a regularização ambiental são classificadas nos seguintes grupos:

1. Atividades Minerárias
2. Atividades Industriais – Metalurgia e outras
3. Atividades Industriais – Indústria Química
4. Atividades Industriais – Indústria Alimentícia
5. Atividades de Infraestrutura
6. Serviços e Comércio Atacadista
7. Atividades Agrossilvopastoris

Licenciamento dos recursos hídricos

A primeira lei referente ao uso das águas no país foi o Código das Águas, de 1934, que estabeleceu normas de utilização, conservação e prevenção contra o uso inadequado da água, e que, ainda hoje, encontra-se em vigor, não entrando em conflito com a Constituição¹¹ Federal e com a Lei nº 9433⁹, que instituiu a nova Política de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil.

A Lei nº 9433⁹, em seu art. 5.º, estabeleceu como instrumentos da PNRH:

1. Planos Diretores de Bacias Hidrográficas: têm por escopo a elaboração do diagnóstico e dos vários prognósticos em horizontes temporais diversos e o planejamento integrado do seu plano de gestão.
2. Enquadramento: o enquadramento do corpo de água determina, após o conhecimento dos usos preponderantes de suas águas e da definição de suas qualidades desejáveis, a qual classe pretende-se fazê-lo pertencer; estas classes estão definidas na Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 357/0512.
3. Comitês e Agências: a gestão das águas deve ser realizada pelos comitês. Estes constituem um colegiado formado por representantes do governo (federal, estadual e municipal),

por representantes dos usuários da água e por representantes da sociedade civil organizada; a Agência das Águas é o braço executivo dos comitês.

4. Outorga: a outorga é um instrumento por meio do qual o poder público autoriza o usuário a utilizar as águas de seu domínio, por tempo determinado e em condições preestabelecidas, objetivando assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos das águas superficiais e subterrâneas e o efetivo exercício do direito de acesso à água.
4. Cobrança pelo uso da água: a cobrança pelo uso da água é um instrumento de gestão cujos princípios são fundamentados nos conceitos de “usuário pagador” e de “poluidor pagador”, adotados com o objetivo de combater o desperdício e a poluição das águas; assim, quem desperdiça e polui paga mais.

Outorga do uso da água nas atividades agropecuárias

Para licenciamento e uso das águas devem ser respeitados os seguintes critérios:

1. Toda e qualquer solicitação para uso da água, superficial ou subterrânea, deve ser encaminhada ao correspondente órgão gestor, que a submeterá ao exame do respectivo comitê da bacia hidrográfica, à devida autorização, à outorga; deverá conter informações capazes de bem

caracterizá-la e ser tornada pública.

2. Os casos especiais, possíveis de causarem forte impacto ambiental ou por conterem relevante interesse governamental, deverão ter suas solicitações de outorga também submetidas a outros colegiados superiores.
3. No caso da água superficial, a vazão total outorgável em um trecho deverá ser, necessariamente, em função da disponibilidade hídrica, devidamente avaliada por indicadores probabilísticos, tais como: vazão média, vazão mínima, vazão regularizada; tudo dependendo das características hidrológicas da região. É tolerada a outorga sazonal, que autoriza o uso restrito ao período chuvoso.
4. No caso de água subterrânea, a vazão total outorgável deverá estar associada à capacidade de recarga do aquífero.
5. As vazões insignificantes devem ser avaliadas e definidas para cada bacia ou sub-bacia.
6. Os prazos da outorga não devem ser nem muito longos (para não “engessarem” o seu uso), nem muito curtos (de forma a não inviabilizarem os investimentos necessários à sua utilização).
7. No caso de lançamento de efluentes (que utilizam a capacidade de transporte e/ou diluição dos corpos de água) é necessário impor restrições à sua qualidade (temperatura,

alcalinidade, pH, matéria orgânica, nutrientes, substâncias tóxicas, etc.) e à sua quantidade (vazão de lançamento, etc.); por outro lado, devem ser avaliadas as características do corpo receptor, tais como sua capacidade de diluição e sua capacidade de autodepuração.

8. A outorga poderá ser suspensa em situações diversas, principalmente em ocasiões de “grave degradação ambiental” e quando houver “situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas”; mais ainda: quando não estiverem sendo cumpridos os termos da outorga ou quando não houver “uso por três anos consecutivos”.

Como solicitar a outorga

A outorga deve ser solicitada antes da implantação de qualquer intervenção que venha a alterar o regime, a quantidade ou a qualidade de um corpo de água. Quando já estiver ocorrendo o uso do recurso hídrico, o processo de solicitação de outorga para regularização da intervenção é o mesmo, sem o qual o usuário estará sujeito às sanções previs-

tas em lei pelo fato de estar utilizando os recursos hídricos sem a respectiva outorga.

A outorga para uso de recursos hídricos deve ser solicitada junto ao IGAM,

quando se tratar de corpos de água de domínio do Estado, e junto à Agência Nacional de Águas - ANA, quando se tratar de corpos de água de domínio da União.

São de domínio estadual as águas subterrâneas e superficiais que tenham nascentes e foz dentro do território do Estado. São de domínio da União as águas

dos rios e lagos que banham mais de um Estado, fazem limite entre Estados ou entre o território do Brasil e o de um país vizinho.

Usos de recursos hídricos que estão sujeitos à outorga

São passíveis de outorga todos os usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um curso de água, excetuando-se os usos considerados insignificantes, que são, entretanto, passíveis de cadastramento junto à autoridade outorgante.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos não é definitiva, mas concedida por um prazo limitado, sendo que

A outorga deve ser solicitada antes da implantação de qualquer intervenção que venha a alterar um corpo de água. Se já estiver ocorrendo o uso do recurso hídrico, o usuário deve solicitar a outorga, ou estará sujeito às sanções previstas em lei. A outorga para uso de recursos hídricos deve ser solicitada junto ao IGAM (estadual) ou à ANA (federal)

a lei já estipulou a sua validade máxima em 35 (trinta e cinco) anos, ainda que possa haver renovação, como também a sua suspensão ou seu cancelamento, conforme regulamento.

As outorgas são controladas pelo poder público e são dependentes das condições de utilização (quantidade e local de captação ou intervenção), o que possibilita o controle e o gerenciamento dos respectivos modos de uso das águas superficiais e subterrâneas e das finalidades a que se destinam.

Estão sujeitos à outorga pelo poder público os seguintes usos de recursos hídricos, de acordo com o art. 18 da Lei Estadual nº 13.199/99¹³:

I - as acumulações, as derivações ou a captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, até para abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - o lançamento, em corpo de água, de esgotos e demais efluentes líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - o aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V - outros usos e ações que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Usos que alteram a quantidade da água em corpo hídrico

Os usos de recursos hídricos que alteram a quantidade de água existente em um corpo hídrico são as captações, as derivações e os desvios. Estes usos poderão ser realizados dependendo da disponibilidade hídrica existente e considerados os usos já outorgados a montante e a jusante de determinada seção do curso de água.

Após a realização do balanço hídrico na seção considerada e depois de verificada a possibilidade de extração de água, tendo-se por base a vazão de referência adotada pelo IGAM, a $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e 10 anos de recorrência), deverão ser verificadas as finalidades a que se destinam as águas captadas, derivadas ou desviadas quanto à racionalidade, bem como avaliadas de acordo com procedimentos e critérios definidos para cada finalidade de uso.

Usos que alteram a qualidade da água em corpo hídrico

Dentre os usos que alteram a qualidade da água em determinado corpo hídrico, além dos lançamentos de efluentes líquidos e gasosos, tratados ou não, de origem doméstica ou industrial, citam-se o desenvolvimento de atividades como a aqüicultura (tanques-rede) e demais atividades e/ou intervenções

que modifiquem um estado antecedente em relação a parâmetros monitorados.

Tais usos deverão ser analisados nos processos de outorga de direito de uso de recursos hídricos, e deverão ser observadas as classes de enquadramento quanto aos usos a que se destinam os diversos trechos do curso de água.

Usos que alteram o regime das águas em corpo hídrico

Dentre os usos que alteram o regime das águas além das acumulações em reservatórios formados a partir da construção de barramentos, citam-se as travessias rodoferroviárias (pontes e bueiros), as estruturas de transposição de nível (eclusas), as dragagens e demais intervenções que alterem as seções dos leitos e as velocidades das águas, produzindo alterações no seu escoamento natural e sazonal.

Ressalta-se a necessidade de estudos técnicos, para cada tipo de intervenção, que serão levados em conta na tomada de decisão pelo deferimento ou indeferimento de determinado requerimento de outorga.

A Portaria IGAM nº 49¹⁴, de 01 de julho de 2010, — que estabelece os procedimentos para a regularização do uso de recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais — classificou a outorga:

I- conforme os seguintes modos de uso:

a) captação ou derivação em corpo de água;

- b) exploração de água subterrânea;
- c) construção de barramento ou açude;
- d) construção de dique ou desvio em corpo de água;
- e) rebaixamento de nível de água;
- f) construção de estrutura de transposição de nível;
- g) construção de travessia rodoferroviária;
- h) dragagem, desassoreamento e limpeza de corpo de água;
- i) lançamento de efluente em corpo de água;
- j) retificação, canalização ou obras de drenagem;
- k) transposição de bacias;
- l) aproveitamento de potencial hidroelétrico;
- m) sistema de remediação para águas subterrâneas contaminadas;
- n) dragagem de cava aluvionar;
- o) dragagem em corpo de água para fins de exploração mineral;
- p) outras intervenções que alterem regime, quantidade ou qualidade dos corpos de água.

II - conforme as seguintes finalidades:

- a) geração de energia;
- b) saneamento: i. captação para consumo humano, industrial, agroindus-

- trial ou agropastoril; ii. interceptação, depuração e lançamento de esgotos domésticos; iii. drenagem fluvial; iv. veiculação e depuração de efluentes industriais; v. veiculação e depuração de rejeitos agroindustriais; vi. veiculação e depuração de rejeitos agropastoris e de rejeitos provenientes da aquicultura; vii. outras;
- c) agropecuária e silvicultura: i. irrigação de culturas e pastagens; ii. des-sedentação de animais; iii. produção de pescado e biótipos aquáticos; iv. drenagem e recuperação de áreas agricultáveis; v. outras;
- d) transporte;
- e) proteção de bens e populações;
- f) controle ambiental e qualidade de vida: i. recreação e paisagismo; ii. controle de pragas e insetos; iii. preservação da vida selvagem e da biota natural; iv. recuperação, proteção e controle de aquíferos; v. compensação de impactos ambientais negativos; vi. outras;
- g) racionalização e manejo de recursos hídricos;
- h) utilização militar ou de segurança;
- i) destinações especiais.

Usos de recursos hídricos que independem de outorga

A Lei nº 13.199/99¹³ estabelece, em seu art. 18, que independe de outorga

pelo poder público, conforme definido em regulamento, o uso de recursos hídricos para satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural, bem como as acumulações, as derivações, as captações e os lançamentos considerados insignificantes.

Ao isentar de outorga as retiradas ou o lançamento de pequenas vazões e as pequenas acumulações de água consideradas insignificantes, o legislador busca não dificultar, por meio de procedimentos administrativos, o atendimento a pequenas demandas de água que não alterem as características dos corpos de água. A não obrigatoriedade da expedição da outorga não desobriga o poder público de inspecionar e fiscalizar tais usos, sendo estes passíveis de cadastramento.

A Deliberação Normativa CERH-MG nº 09¹⁵, de 16 de junho de 2004, define os usos considerados como insignificantes para os corpos de água de domínio do Estado de Minas Gerais, que são dispensados de outorga, mas não de cadastro pelo IGAM.

Tendo em vista a significativa variação da oferta hídrica entre as diferentes regiões do Estado, principalmente quando consideradas as águas superficiais e a sua menor disponibilidade nas regiões norte, nordeste e noroeste, os usos insignificantes para águas superficiais apresentam valores distintos conforme a Unidade de

Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH em que elas ocorrem.

De acordo com o art.1.º da DN CERH-MG nº 09/2004¹⁵, as captações e as derivações de águas superficiais menores ou iguais a 1 litro/segundo são consideradas como usos insignificantes para as UPGRH de Minas Gerais; para as UPGRH localizadas nas regiões norte, nordeste e noroeste, é considerada como uso insignificante a vazão máxima de 0,5 litro/segundo para as captações e derivações de águas superficiais.

De acordo com o art.2º da DN CERH-MG nº 09/2004¹⁵, as acumulações de águas superficiais com volume máximo de até 5.000m³ também são consideradas como usos insignificantes para as UPGRH ou Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais; para as UPGRH localizadas nas regiões norte, nordeste e noroeste, o volume máximo a ser considerado como uso insignificante para as acumulações superficiais é de até 3.000m³.

No art.3º da DN CERH-MG nº 09/2004¹⁵, está estabelecido que as captações subterrâneas, tais como poços manuais, surgências e cisternas, com volume menor ou igual a 10m³/dia, serão consideradas como usos

insignificantes para todas as UPGRH ou Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais.

Em 17 de agosto de 2010, foi publicada a DN nº 34/2010¹⁶, Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, considerando critérios adicionais para usos insignificantes da água e, portanto, que independem de outorga.

No art. 1.º da DN CERH-MG nº 34/2010¹⁶, está estabelecido que as captações de águas subterrâneas em poços tubulares, em área rural, menores ou iguais a 14.000 litros/dia, por propriedade, serão consideradas como usos insignificantes para as UPGRH localizadas nas regiões norte, nordeste e noroeste, nos termos do estabelecido na Deliberação Normativa CERH MG nº 6¹⁷, de 04 de outubro de 2002.

Os comitês de bacia hidrográfica deverão, em suas respectivas regiões de abrangência, fixar expressões próprias para os usos insignificantes dos recursos hídricos. Tais valores, devidamente fundamentados e referenciados nos Planos Diretores, deverão ser informados ao IGAM para compatibilização com as vazões de referência, usualmente utilizadas para a concessão de outorgas, após deliberação e aprovação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

Referências

1. MINAS Gerais. Decreto n.44.844, 25 jun. 2008. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=7966>. Acessado em: 20 mar. 2012.
2. BRASIL. Lei n.4.771, 15 set. 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm. Acessado em: 20 mar. 2012.
3. BRASIL. Lei n.14.309, 19 jun. 2002. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5306>. Acessado em: 20 mar. 2012.
4. MINAS Gerais. Decreto n.43.710, 08 jan. 2004. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5609>. Acessado em: 20 mar. 2012.
5. MINAS Gerais. Portaria n.122, 30 jun. 2005. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=11216>. Acessado em: 20 mar. 2012.
6. MINAS Gerais. Portaria n.191, 16 set. 2005. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=11212>. Acessado em: 20 mar. 2012.
7. BRASIL. Lei n.9.985, 18 jul. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm. Acessado em: 20 mar. 2012.
8. CONSELHO Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n. 237, 19 dez. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acessado em: 20 mar. 2012.
9. BRASIL. Lei n.9.433, 08 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acessado em: 20 mar. 2012.
10. CONSELHO de Política Ambiental – COPAM. Deliberação Normativa n.74, 09 set. 2004. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5532>. Acessado em: 20 mar. 2012.
11. BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, 5 out. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm. Acessado em: 20 mar. 2012.
12. CONSELHO Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n.357, 17 mar. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em: 20 mar. 2012.
13. MINAS Gerais. Lei n.13.199, 29 jan. 1999. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>. Acessado em: 20 mar. 2012.
14. INSTITUTO Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. Portaria n.49, 01 jul. 2010. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=13970>. Acessado em: 20 mar. 2012.
15. CONSELHO Estadual de Recursos Hídricos – CERH. Deliberação Normativa n.09, 16 jun. 2004. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=209>. Acessado em: 20 mar. 2012.
16. CONSELHO Estadual de Recursos Hídricos – CERH. Deliberação Normativa n.34, 16 ago. 2010. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=14468>. Acessado em: 20 mar. 2012.
17. CONSELHO Estadual de Recursos Hídricos – CERH. Deliberação Normativa n.06, 04 out. 2002. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5704>. Acessado em: 20 mar. 2012.

Recursos hídricos na agropecuária



bigstockphoto.com

Luciano dos Santos Rodrigues*,
Israel José da Silva

Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, MG

*Autor para correspondência

E-mail:lsantosrodrigues@gmail.com

Introdução

A água com qualidade adequada ao consumo humano e animal vem se tornando cada vez mais insuficiente, o que tem chamado a atenção da comunidade científica e da sociedade organizada para a fragilidade dos ciclos naturais respon-

A água com qualidade adequada ao consumo humano e animal vem se tornando cada vez mais insuficiente, o que tem chamado a atenção para a fragilidade dos ciclos naturais responsáveis pela renovação e pela disponibilidade da água

sáveis pela renovação e pela disponibilidade da água que tem sido utilizada desde os primórdios das civilizações em diferentes partes do mundo.

Como consequência do crescimento vertiginoso das atividades urbanas e agropecuárias, experimentado pela maioria dos países desenvolvi-

dos e em desenvolvimento, há indicadores de que a qualidade da água pode ser comprometida, de maneira tal, que o homem ainda não dispõe de meios para reversão do problema. Assim sendo, a alternativa técnica e econômica parece ser o controle efetivo dos fatores e processos que levam à contaminação da água.

Os principais usos consuntivos da água ocorrem, mundialmente, na agricultura e na pecuária, respondendo por 65% do total, destacando-se, principalmente, a irrigação de culturas e, complementarmente, a utilização de água nas estruturas de dessedentação e de ambiência nos sistemas de exploração animal¹.

Diferentes impactos ambientais são associados à utilização da água em sistemas de produção agropecuária. A irrigação de culturas agrícolas pode acarretar salinização de solos, propiciar lixiviação de agroquímicos para a água subterrânea e carreamento de partículas do solo e de fertilizantes para corpos de água, bem como promover deterioração da qualidade dos rios a jusante das captações devido ao descarte de águas de drenagem. A exploração de animais, por sua vez, pode poluir os mananciais pela disposição de efluentes no solo ou diretamente nos rios e lagos. A contribuição

da pecuária como fonte pontual de poluição de mananciais se dá também pelo escoamento de água da chuva em áreas de pastagens, em sistemas de criação intensiva².

Impurezas das águas naturais

Não há água pura na natureza devido a seu alto poder de dissolução de gases, corantes, coloides, sais, etc. Esse poder químico faz com que a água seja denominada de *solvente universal*. Devido a essa efetiva propriedade de solvência e ao seu alto poder de transportar partículas em seu meio, podem ser encontradas diversas impurezas que normalmente definem sua qualidade e que, de uma forma conceitual mais ampla, conferem à água suas características químicas, físicas e bacteriológicas.

As características químicas são conferidas me-

diante a presença, em maior ou menor intensidade, tanto de matéria orgânica como de inorgânica, enquanto as físicas são consequência da presença de sólidos, que podem estar em suspensão (silte e argila), dissolvidos (coloides) ou em solução (sais e corantes). As características biológicas são inerentes à presença de seres vivos ou mortos, principalmente de vida microscópica animal e vegetal, moneras, protistas e vírus.

Não há água pura na natureza devido a seu alto poder de dissolução de gases, corantes, coloides, sais, que conferem à água suas características químicas, físicas e bacteriológicas

Qualidade e usos das águas naturais

O homem precisa de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para todas as suas necessidades, não só para proteção de sua saúde como também para o seu desenvolvimento econômico. A qualidade e a quantidade de água estão intimamente relacionadas às características do manancial².

A importância sanitária, ou seja, a implementação ou melhoria nos serviços de abastecimento de água, traz como resultado uma rápida e sensível melhora na saúde e nas condições de vida de uma comunidade, principalmente mediante o controle e a prevenção de doenças e a promoção de hábitos higiênicos³.

A água da chuva, ao cair, é quase pura, mas, ao atingir o solo, por possuir um grande poder de dissolver e carrear substâncias tem sua característica alterada. Entre o material dissolvido, encontram-se várias substâncias, como, por exemplo, as calcárias e magnesianas, que tornam a água dura; substâncias ferruginosas e manganosas, que dão à água aspecto e sabor desagradáveis, e ainda substâncias resultantes das atividades humanas, tais como produtos indus-

triais e organismos patogênicos, que a tornam impróprias para o consumo².

A qualidade de uma determinada água é decorrente do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica⁵. A interferência do homem contribui para a introdução de compostos na água, afetando sua qualidade, quer de forma concentrada pela geração de despejos domésticos ou industriais, quer de forma dispersa pela aplicação de defensivos agrícolas no solo^{5,6}.

Como as condições naturais da água podem ser alteradas pela poluição, comprometendo sua qualidade, essa alteração deve ser analisada em termos do impacto nos usos previstos para a água, pois a qualidade exigida depende de sua utilização.

Em termos gerais, apenas os abastecimentos domésticos e os industriais estão frequentemente associados a um tratamento prévio da água, devido aos seus requisitos de qualidade mais exigentes.

A interpenetração entre o uso da água e a qualidade requerida para ela é direta. Pode-se afirmar que o uso mais nobre para a água é o abastecimento doméstico, e o menos nobre é da simples diluição dos despejos; sendo assim, o abastecimento doméstico requer a satisfação de diversos critérios de qualidade⁶.

A qualidade de uma determinada água é decorrente do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

O uso mais nobre para a água é o abastecimento doméstico, e o menos nobre é da simples diluição dos despejos

As características da água para os diversos usos estão descritas abaixo:

1. Abastecimento doméstico da

água: pode ser para consumo humano, higiene pessoal e usos domésticos. A água deve ser isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde e adequada para serviços domésticos; deve apresentar baixa agressividade e dureza; deve ser esteticamente agradável (baixa turbidez e cor, e ausência de sabor, odor, e micro e macrorganismos).

2. Dessedentação de animais: a água destinada à dessedentação de animais domésticos e de produção deve apresentar as mesmas qualidades exigidas ao uso pessoal, exceto nos parâmetros puramente estéticos. Em se tratando de bebedouros, é de toda conveniência construí-los com as necessárias condições de higiene: deve ser isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde dos animais.

3. Indústrias: em razão da diversidade de tipos de indústria, das técnicas aplicadas e das aparelhagens usadas, torna-se bastante difícil estabelecer as condições a que a água deve satisfazer para que possa ser usada na indústria agrícola de um modo geral. Sendo assim, devem ser evitadas águas que contenham sais minerais produtores de incrustações, como os carbonatos e os sulfatos de cálcio e magnésio, e de ferrugens, como ferro e outros. Se a água não entra

em contato direto com o produto, deve ser de baixa agressividade e dureza; já no caso de entrar em contato com o produto, as características da água irão variar com o tipo do produto em contato; e, se a água é incorporada ao produto, deverá ser isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde e esteticamente agradável.

4. Irrigação: as águas extremamente puras (potáveis) não são muito recomendadas à irrigação, pois mobilizam os materiais fertilizantes do solo, não só para colocá-los à disposição das plantas como também para perder os fertilizantes por percolação e erosão. Isso faz com que o solo perca rapidamente suas reservas de fertilizantes e exija adubações anuais para compensar a perda. As águas muito ricas em certos elementos são muito úteis à irrigação, mas, quando encerram fortes doses desses mesmos elementos, tornam-se bastante prejudiciais. No caso de hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca, a água deve ser isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde; a salinidade não deve ser excessiva. Para as demais plantações: isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações; salinidade não excessiva.

5. Recreação e lazer: Se for um contato primário (contato direto com o meio líquido, ex.: natação, surfe),

a água deve ser isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde e com baixos teores de sólidos em suspensão, óleos e graxas. Já se for um contato secundário (não há contato direto com o meio líquido, ex.: navegação de lazer, pesca), a água deverá ter aparência agradável.

Padrões de potabilidade estão definidos pela Portaria nº 518/GM, de 25/04/2004, do Ministério da Saúde

Padrões de qualidade

Á água própria para consumo, ou água potável, deve obedecer a certos requisitos de ordem organoléptica, química, física e biológica.

Os padrões de potabilidade estão diretamente associados à qualidade da água fornecida ao consumidor e foram definidos pela Portaria nº 518/GM, de 25/04/2004, do Ministério da Saúde, com o objetivo de evitar os perigos provenientes de uma água de má qualidade. Esses padrões apresentam as concentrações máximas permissíveis dos elementos nocivos ou de características desagradáveis que podem estar presentes na água de consumo doméstico⁶.

Características físicas e organolépticas

As características organolépticas estão relacionadas com aspecto, sa-

bor e odor da água.

O aspecto da água deve ser claro, límpido e transparente. Em pequena espessura, deve ser incolor, e grandes massas devem apresentar uma cor azulada. As cores verdes, amarelas e avermelhadas

são indícios de existência de matérias estranhas, como argila, terra, matéria orgânica, óxido de ferro e outros.

A água não deve ter cheiro. As contaminações com águas procedentes de fossas, esterqueiras, rede de esgotos, etc. transmitem-lhe cheiro de gás sulfídrico. Seu sabor deve ser agradável, embora não pronunciado. Não deve ser insípida, salgada, amarga, salobra ou doce.

A água é insípida quando o teor de sais em dissolução é muito baixo; é salgada quando o teor de cloretos é elevado; amarga quando contém excesso de sais de magnésio; salobra e doce quando contém teor elevado de certos sais encontrados no solo.

A água deve ser arejada e conter certos gases em dissolução. Não sendo arejada, torna-se pesada, indigesta e desagradável ao paladar. A água potável deve conter de 20 a 50cm³ de gases por litro, com a seguinte distribuição: cerca de 50% de anidrido carbônico; 35% de nitrogênio e 15% de oxigênio; e, quando aquecida, deve dar grandes bolhas de gás antes de começar a ferver.

Características organolépticas estão relacionadas com aspecto, sabor e odor.

A temperatura da água deve, de preferência, estar compreendida entre 8 e 16°C. Uma água muito quente é desagradável ao paladar e, quando muito fria, pode ocasionar perturbação no estômago, causando uma sensação de cansaço⁶.

Sobre o aspecto físico, as impurezas estão associadas, em sua maior parte, aos sólidos presentes na água. Esses sólidos podem ser coloidais, em suspensão ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho. Os principais parâmetros analisados são a cor e a turbidez. A cor está diretamente relacionada com os sólidos dissolvidos na água e não afeta sua transparência, enquanto a turbidez é decorrente dos sólidos em suspensão na água (argila, matéria orgânica e outros). Nos padrões de potabilidade, a cor máxima admissível é de 20 unidades-padrão (mH) e a turbidez máxima admissível é de cinco unidades-padrão (μT)².

Características químicas

Em relação às características químicas, são fixados limites de concentração por motivos de ordem econômica e sanitária. As águas também devem possuir determinadas porcentagens de sais em solução. O excesso ou a insuficiência de certos sais altera-lhe as condições de potabilidade.

Quando a quantidade de sais minerais é inferior a 0,1g/L, a água torna-se insípida e desagradável. Acima de 0,5g/L, a água torna-se “crua” ou “dura”,

não se prestando para o cozimento de legumes e outros alimentos, nem para lavagens de roupas⁷.

Características relacionadas aos aspectos econômicos

- 1. Dureza:** é um parâmetro característico da qualidade de águas de abastecimento industrial e doméstico, sendo que, do ponto de vista da potabilização, são admitidos valores máximos relativamente altos, típicos de águas duras ou muito duras. Quase toda a dureza da água é provocada pela presença de sais de cálcio e de magnésio (bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos) encontrados em solução. Assim, os principais íons causadores de dureza são cálcio e magnésio, tendo um papel secundário o zinco e o estrôncio. Água dura provoca uma série de inconvenientes: é desagradável ao paladar; gasta muito sabão para formar espuma; dá lugar a depósitos perigosos nas caldeiras e aquecedores; deposita sais em equipamentos; e mancha louças.
- 2. pH:** indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, variando de 0 a 14. Águas de pH baixo são corrosivas, enquanto as de pH elevado são incrustativas. De um modo geral, as alterações naturais do pH têm origem na decomposição de rochas em contato com

a água, absorção de gases da atmosfera, oxidação de matéria orgânica, fotossíntese, além da introdução de despejos domésticos e industriais.

A separação dos tipos de sólidos presentes na mistura é feita em laboratório, e eles são classificados como totais, minerais ou fixos, orgânicos ou voláteis, em suspensão, dissolvidos.

de O₂ na água em repouso por causa do metabolismo bacteriano. Por outro lado, a sua introdução na massa de água favorece a precipitação de elementos químicos indesejáveis, como, por exemplo, o ferro. O oxigênio dissolvido é corrosivo, principalmen-

te, para canalizações de ferro e aço, notadamente para menores faixas de pH ou maiores condutividades elétricas.

Indicadores de poluição por matéria orgânica

1. **Compostos nitrogenados:** o nitrogênio e o fósforo são elementos indispensáveis no desenvolvimento das algas, e, em altas concentrações, podem levar ao crescimento excessivo desses organismos, causando eutrofização, afetando, assim, os múltiplos usos da água.
2. **Oxigênio consumido:** vital para os organismos aeróbios presentes na água, o oxigênio livre presente na água vem do contato desta com a atmosfera ou é produzido por processos fotossintéticos. Em condições normais de temperatura e pressão, a água consegue reter de 9 a 10mg/L de oxigênio livre. Esta solubilidade decresce à medida que a temperatura aumenta, anulando-se na fase de ebulição. A ausência de oxigênio na água fervida e depois resfriada lhe confere um gosto levemente desagradável para a maioria dos paladares. A presença de matéria orgânica em decomposição na água reduz a concentração

Sólidos

A água com excessivo teor de sólidos em suspensão ou minerais dissolvidos tem sua utilidade limitada. Uma água com presença de 500mg/L de sólidos dissolvidos, geralmente, ainda é viável para uso doméstico, mas provavelmente inadequada para utilização em muitos processos industriais. Água com teor de sólidos superior a 1000 mg/L torna-se inadequada para consumo humano e possivelmente será corrosiva e até abrasiva.

De um modo geral, todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, têm sua origem nos sólidos incorporados ao seu meio. Devido a essa condição, deve-se dar prioridade à análise deles, pois seu resultado pode direcionar todo estudo de caracterização. São caracterizadas como sólidos totais as partículas presentes em

suspensão ou em solução, sedimentáveis ou não, orgânicas ou minerais. A determinação da quantidade total de sólidos presentes em uma amostra é chamada de sólidos totais. A separação dos tipos de sólidos presentes na mistura é feita em laboratório, e eles são classificados da seguinte maneira:

Sólidos totais: massa sólida obtida com a evaporação da parte líquida da amostra a 103 a 105°C em mg/L.

Sólidos minerais ou fixos: resíduos sólidos retidos após calcinação dos sólidos totais a 500°C em mg/L.

Sólidos orgânicos ou voláteis: parcela dos sólidos totais volatilizada no processo de calcinação em mg/L.

Sólidos em suspensão: quantidade de sólidos retidos em filtros de micromalha, de 1µm (mícron ou micrômetro) em mg/L.

Sólidos dissolvidos: fração dos sólidos filtráveis em filtros de micromalha de 1µm em mg/L.

Características biológicas

Á água é normalmente habitada por vários tipos de microrganismos de vida livre e não parasitária que dela extraem os alimentos indispensáveis à sua subsistência. Ocasionalmente, são introduzidos organismos parasitários e/ou patogênicos provenientes das descargas intestinais de indivíduos doentes ou portadores de agentes patogênicos, os quais, utilizando a água como veículo, podem transmitir tais organismos. Por

isso, a água, para ser potável, não deve conter esses patógenos.

É interessante notar que quase a totalidade dos seres patogênicos é incapaz de viver em sua forma adulta ou reproduzir-se fora do organismo que lhe serve de hospedeiro e, portanto, tem vida limitada quando se encontra na água, isto é, fora do seu *habitat*.

Entre os principais tipos de organismos patogênicos que podem ser encontrados na água, estão vírus, bactérias, protozoários e vermes².

A detecção de bactérias, protozoários e vírus, em uma amostra de água, é extremamente difícil. Esse fato se deve às seguintes razões:

1. Em uma população, apenas uma determinada faixa apresenta doenças de veiculação hídrica.
2. Nas fezes desses habitantes, a presença de agentes patogênicos pode não ocorrer em elevada proporção.
3. Após o lançamento no corpo receptor ou no sistema de esgotos, há ainda uma grande diluição do despejo contaminado.

Assim sendo, a concentração final de patógenos por unidade de volume em um corpo de água é, sem dúvida, bastante reduzida, fazendo com que a sua detecção por meio de exames laboratoriais seja de grande dificuldade. Esse obstáculo é superado pelo estudo dos organismos indicadores de contaminação fecal. Tais organismos não são patogênicos, mas dão uma satisfatória indicação de quando uma água apresenta

contaminação por fezes humanas ou de animais e, portanto, de sua potencialidade para transmitir doenças. Os organismos mais comumente utilizados com tal finalidade são as bactérias do grupo coliforme⁷.

As principais razões para se usar o grupo coliforme como indicador de contaminação fecal são:

1. Os coliformes apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas (cada indivíduo elimina em média de 10^{10} a 10^{11} células por dia). De 1/3 a 1/5 do peso das fezes humanas é constituído por bactérias do grupo coliforme. Com isto, a probabilidade de que sejam detectados após o lançamento é superior à dos organismos patogênicos.

2. Os coliformes apresentam-se em grande número apenas nas fezes do homem e de animais de sangue quente. Tal fato é essencial, pois, se existissem também nos intestinos de animais de sangue frio, deixariam de ser bons indicadores de poluição.

Os coliformes apresentam resistência aproximadamente similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais. Tal característica é importante, pois não seriam bons indicadores de contaminação

fecal se morressem mais rapidamente que o agente patogênico. Por outro lado, se a sua taxa de mortalidade fosse menor que a das bactérias patogênicas, também deixariam de ser úteis, uma vez que, sobrevivendo por mais tempo, tornariam suspeitas águas já depuradas. Exceção deve ser feita aos vírus, que apresentam

uma resistência superior à dos coliformes.

Quantidade de água

O homem precisa de água com qualidade satisfatória e quantidade suficiente para produzir alimentos e vestimentas, cuidar da higiene pessoal, criar animais e até para produzir materiais inimagináveis, sendo um princípio considerar a quantidade de água,

do ponto de vista sanitário, de grande relevância no controle e na prevenção de doenças³.

O fator quantidade tem tanta ou mais importância do que a qualidade de água. A escassez de água, dificultando a limpeza corporal e a do ambiente, permite a disseminação de enfermidades associadas à falta de higiene. Desse modo, a incidência de certas doenças diarreicas varia inversamente à quantidade de água disponível “*per capita*”, mesmo que essa qualidade de água seja muito boa. Também algumas doenças

Principais razões para se usar o grupo coliforme como indicador de contaminação fecal: os coliformes apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas e em grande número apenas nas fezes do homem e de animais de sangue quente; têm resistência similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais.

cutâneas e infestações por ectoparasitos (pio-
lhos, por exemplo)
podem ser evitadas ou
atenuadas onde há con-
jugação de bons hábitos
higiênicos e quantidade
de água suficiente.

Além do desmatamento e da des-
truição de rios e lagos por meio das
poluições doméstica e industrial, o des-
perdício de água é responsável pela crise
de abastecimento pela qual o país está
passando. Muita água se perde porque
ocorrem vazamentos nas adutoras e na
rede de distribuição; além disso, as pes-
soas não têm o hábito de reutilizar água
e consomem muito mais do que o ne-
cessário. É preciso que esse recurso seja
utilizado com o máximo de equilíbrio,
racionalidade e senso de responsabili-
dade coletiva.

Na agricultura também há muito
desperdício de água. Apenas 40% da
água desviada é efetivamente utilizada
na irrigação. Os outros
60% são desperdiçados
por estarem em excesso,
fora do período de ne-
cessidade da planta, em
horários de maior eva-
poração do dia, pelo uso
de técnicas de irrigação
inadequadas ou, ainda,
pela falta de manutençã-
o desses sistemas de irrigação.

O principal “vilão” no consumo de
água é a agropecuária, sobretudo nos

*É preciso que esse recurso
seja utilizado com o
máximo de equilíbrio,
racionalidade e senso
de responsabilidade
coletiva.*

*Fontes para
abastecimento do
ser humano: águas
superficiais (rios,
lagos, canais, etc.) e
subterrâneas (lençóis
subterrâneos).*

países subdesenvolvidos,
onde o consumo varia
de 79% a 88% da água
disponível. Uma pessoa
precisa de, no mínimo,
50L/d de água. Quando
comparados ao consumo
na agropecuária, estes

valores são considerados pequenos, por
exemplo, 1kg de arroz para ser produzi-
do consome 3500 litros; 1kg de carne
de boi consome 100.000 litros de água⁹.

Mananciais de água para abastecimento

O homem possui dois tipos de fon-
tes para seu abastecimento: as águas
superficiais (rios, lagos, canais, etc.) e
as subterrâneas (lençóis subterrâneos).
Efetivamente, essas fontes não estão
sempre separadas. Em seu deslocamen-
to pela crosta terrestre, a água que é su-
perficial em determinado local pode ser
subterrânea em uma próxima etapa e até
voltar a ser superficial posteriormente.

As águas de super-
fície são as de mais fá-
cil captação, havendo,
pois, uma tendência
de que sejam mais uti-
lizadas no consumo
humano. No entanto,
menos de 5% da água
doce existente no glo-
bo terrestre encontra-

-se disponível superficialmente, fican-
do o restante armazenado em reservas
subterrâneas.

Logicamente, nem toda água armazenada no subsolo pode ser retirada em condições economicamente viáveis, sobretudo as localizadas em profundidades excessivas e confinadas entre formações rochosas.

Devido à sua dinâmica de deslocamento, as águas superficiais são frequentemente renovadas em sua massa, enquanto as subterrâneas podem ter séculos de acumulação em seu aquífero, pois sua renovação é muito mais lenta pelas dificuldades óbvias, principalmente nas camadas mais profundas.

Tipos de mananciais

A captação tem por finalidade criar condições para que a água seja retirada do manancial abastecedor em quantidade capaz de atender o consumo e em qualidade que dispense tratamentos ou os reduza ao mínimo possível. Denomina-se manancial abastecedor a fonte de onde se retira a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender a demanda. No caso da existência de mais de um manancial, a escolha é feita considerando-se não só a quantidade e a qualidade, mas também o aspecto econômico, pois nem sempre o que custa inicialmente menos é o que convém, já que o custo maior pode implicar custo de operação e de manutenção menor.

Na escolha de manancial também se

Denomina-se manancial abastecedor a fonte de onde se retira a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender a demanda.

deve levar em consideração o consumo atual provável, bem como a previsão de crescimento da comunidade e a capacidade ou não do manancial de satisfazer a este consumo. Estes reservatórios podem ser

dos seguintes tipos: superficiais (rios e lagos), subterrâneos (fontes naturais, galerias filtrantes, poços) e águas pluviais (superfícies preparadas). Todo e qualquer sistema é projetado para servir por certo espaço de tempo.

Mananciais superficiais

Manancial superficial é constituído pelos cursos d'água (córregos, ribeirões, rios, lagos, represas, etc.) e, como o nome indica, tem o espelho d'água na superfície do terreno. As precipitações atmosféricas, logo que atingem o solo, podem se armazenar nas depressões do terreno, ou alimentar os cursos d'água, transformando-se em escoamento superficial; outra parcela se infiltra no solo. Também há a possibilidade de se formarem reservatórios artificiais, que se constituem a partir de obras executadas em um rio ou córrego, com a finalidade de reter o volume necessário para a proteção de captações ou garantir o abastecimento em tempo de estiagem¹⁰.

Mananciais subterrâneos

A precipitação atmosférica, na for-

ma de chuva, neve ou granizo, produz, além de escoamento superficial e da evaporação, a infiltração, no solo, de certa parcela de água. Parte da água infiltrada evapora-se nas primeiras camadas, outra parte é absorvida pelas plantas e sofre o fenômeno da transpiração e, ainda, certa quantidade infiltra-se mais e vai concentrar-se em camadas inferiores.

Denomina-se subterrânea a água presente no subsolo que ocupa os interstícios, as fendas, as falhas ou os canais existentes nas diferentes camadas geológicas e em condições de escoar, obedecendo aos princípios da hidráulica. Outras águas também presentes no solo ou subsolo, mas que não têm condições de livre escoamento, segundo esses princípios, não apresentam interesse imediato para o presente estudo.

Para abastecimento público, a água subterrânea apresenta-se como notável recurso em muitas regiões onde existem condições favoráveis ao seu aproveitamento. Além disso, em certas áreas, como o Nordeste brasileiro, onde as águas de superfície podem, em determinadas épocas, desaparecer quase totalmente, a água retirada de fraturas e falhas de rochas compactadas tem sido a única fonte de suprimento de pequenos núcleos populacionais.

Um número considerável de cidades brasileiras consome água extraída de lençóis subterrâneos. Somente no Estado de São Paulo, cerca de 150 cidades extraem e utilizam água de lençóis subterrâneos, destacando-se entre elas

Ribeirão Preto, Catanduva e Lins, que até hoje só se utilizaram desses recursos. No Nordeste brasileiro, Teresina e Natal são capitais que também se abastecem essencialmente de água extraída de lençóis subterrâneos⁵.

O manancial subterrâneo pode aflorar à superfície (nascentes, minas, “olho d’água”) ou ser elevado à superfície por meio de obras de captação (poços rasos, poços profundos, galerias de infiltração)^{5,9,10}.

As reservas de água subterrânea provêm de dois tipos de lençol d’água ou aquífero^{9,10}:

- 1. Lençol freático:** é aquele em que a água se encontra livre, com sua superfície sob a ação da pressão atmosférica. Em um poço perfurado nesse tipo de aquífero, a água no seu interior terá o nível coincidente com o nível do lençol. A alimentação do lençol freático ocorre geralmente ao longo dele pela infiltração das águas da chuva, e, portanto, seu volume depende do índice pluviométrico do período.
- 2. Lençol confinado:** é aquele em que a água encontra-se confinada por camadas impermeáveis de rochas e sujeita a uma pressão maior que a pressão atmosférica. Em um poço profundo, que atinge esse lençol, a água subirá acima do nível do lençol. Poderá, às vezes, atingir a boca do poço e produzir uma descarga contínua, jorrante; a alimentação do lençol confinado verifica-se apenas

no contato da formação geológica com a superfície do solo, podendo ocorrer a uma distância considerável do local do poço. As condições climáticas ou o regime de chuvas, observados na área de perfuração do poço, pouco ou nada afetam as características do aquífero.

As principais vantagens da utilização das águas subterrâneas são:

1. Potencialmente de boa qualidade para o consumo humano, embora o lençol freático seja muito vulnerável à contaminação.
2. Relativa facilidade de obtenção, embora nem sempre em quantidade suficiente.
3. Possibilidade de localização de obras de captação nas proximidades das áreas de consumo.

Águas pluviais

As águas da chuva podem ser utilizadas como manancial abastecedor, sendo armazenadas em cacimbas, que acumulam a água da chuva captada na superfície dos telhados dos prédios, ou a que escoam pelo terreno. A cacimba tem sua aplicação em áreas de grande pluviosidade ou, em casos extremos, em áreas de seca onde se procura acumular a água da época de chuva para a época de seca.

O processo de escolha de um manancial deve levar em conta diversos aspectos, como qualidade e quantidade de água disponível, acesso, disponibilidade de energia elétrica, desnível e distância dos pontos de consumo.

Escolha do manancial

O processo de escolha de um manancial deve levar em conta diversos aspectos, como qualidade e quantidade de água disponível, acesso, disponibilidade de energia elétrica, desnível e distância dos pontos de consumo¹¹.

Os seguintes critérios devem ser observados:

1. realização prévia e indispensável de análises de componentes orgânicos, inorgânicos e bacteriológicos das águas do manancial para verificação dos teores de substâncias prejudiciais, limitados pela Resolução nº 357¹¹, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 17 de março de 2005;
2. vazão mínima do manancial, necessária para atender à demanda por um determinado período de anos;
3. mananciais que dispensam tratamento: incluem águas subterrâneas não sujeitas a qualquer possibilidade de contaminação;
4. mananciais que exigem apenas desinfecção: incluem as águas subterrâneas e certas águas de superfície bem protegidas, sujeitas a baixo grau de contaminação;
5. mananciais que exigem tratamento simplificado: compreendem as águas de mananciais

- protegidos, com baixos teores de cor e turbidez, sujeitas apenas à filtração lenta e desinfecção;
6. mananciais que exigem tratamento convencional: compreendem basicamente as águas de superfície, com turbidez elevada, que requerem tratamento com coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

Tipos de captação

Captação é o meio pelo qual se faz a água de um manancial chegar até o ponto de utilização. As obras de captação variam conforme as condições locais, hidrológicas, topográficas e, para as águas subterrâneas, as condições hidrogeológicas. A captação é a primeira unidade do sistema de abastecimento de água, e do seu constante e bom funcionamento depende o desempenho de todas as unidades subsequentes. A concepção deve considerar que não são admissíveis interrupções em seu funcionamento. A concepção e a escolha do local de captação de água devem:^{5,10}

1. Assegurar condições de fácil entrada de água em qualquer época do ano.
2. Assegurar, tanto quanto possível, que não haja alteração na qualidade da água do manancial.
3. Garantir o funcionamento e a proteção contra danos e obstruções.
4. Favorecer a economia das instalações.
5. Facilitar a operação e a manutenção

ao longo do tempo.

6. Planejar com cuidado a execução de estruturas, próximas ou dentro da água, já que sua ampliação é geralmente muito trabalhosa.
7. Prever proteção contra inundação.

Captação de águas da chuva

A água da chuva pode ser captada por meio de cisternas ou cacimbas, que são reservatórios para armazenamento de água ligados a tubos verticais que colhem a água das calhas dos telhados. O uso de cisternas na captação de águas da chuva só tem aplicação em locais de grande pluviosidade, ou locais muito secos, onde se procura armazenar água nos tempos de chuva, para ser usada nos períodos críticos de seca.

A água que cai no telhado vem ter às calhas; dessas, aos condutores verticais e, finalmente, ao reservatório. Os reservatórios mais simples são os de tambor, de cimento amianto e os de plástico.

O cálculo de um sistema de captação de água da chuva deve considerar os seguintes parâmetros: 1. quantidade de água para as necessidades mínimas da família; 2. capacidade da cisterna; 3. superfície de coleta; e 4. precipitação pluviométrica.

Captação de águas superficiais

A captação de águas superficiais depende de vários cuidados, que devem ser levados em conta na elaboração do projeto. Qualquer tipo de captação deverá atender em qualidade e quantidade

à demanda prevista da população futura no alcance do projeto.

O componente de uma captação de água superficial geralmente é composto pelas barragens, que têm como objetivos a reservação da água e a manutenção do nível da água a determinada altura; pontos de tomada de água que devem possuir dispositivos para impedir a entrada de materiais flutuantes e dispositivos para controlar a entrada de água, tais como grades e caixas de areia; canais e/ou tubulações de transporte da água; poços de sucção e casa de bombas, caso se necessite de elevar a água a cotas maiores.

Captação de águas subterrâneas

Nascentes

Fonte aflorante ou de encosta

As águas das minas estão sujeitas à contaminação por brotarem na superfície da terra, formando o chamado “olho-d’água”. Assim, o principal cuidado com essas águas consiste em fazer uma boa captação. É muito difundida a ideia de que água de mina é sinônimo de água pura, mas uma água límpida não significa, necessariamente, que seja pura⁹.

Quando a nascente está em terreno inclinado, a captação torna-se mais fácil (Fig. 1). O correto é fazer a captação num sistema fechado, ou seja, captar a água antes que ela apareça na superfície. Entretanto, em alguns casos, a mina nasce em local inacessível, e a captação

é feita, geralmente, com mangueira de plástico. Nesse caso, deve-se fazer a cloação da caixa central, podendo, para isso, ser utilizados os cloradores por difusão⁹.

No caso de sistemas fechados, são utilizadas caixas de tomada de alvenaria, de tijolos ou de concreto, convenientemente protegidas contra enxurradas e contra a poluição exterior, as quais, instaladas no local do afloramento, recolhem diretamente a água do lençol, ou o fazem indiretamente, por meio de uma canalização simples perfurada ou com ramificações que penetram o lençol adentro^{10, 11, 12}.

Os canais deverão ter, no mínimo, 8m em relação à fonte. A caixa deverá possuir uma janela para inspeção, e deve ser construída uma cerca que impeça a aproximação de pessoas e animais¹².

Galeria de infiltração ou fonte de fundo de vale

O aproveitamento da fonte de fundo de vale é conseguido por meio de um sistema de drenagem subsuperficial, sendo, em certos casos, possível usar a técnica de poço raso para a captação da água. Normalmente, a captação é feita por um sistema de drenos que termina em um coletor central e, desse, vai a um poço. A construção e a proteção do poço coletor são feitas obedecendo-se aos mesmos requisitos usados para o poço raso ou para a fonte de encosta.

Os drenos podem ser feitos de pe-

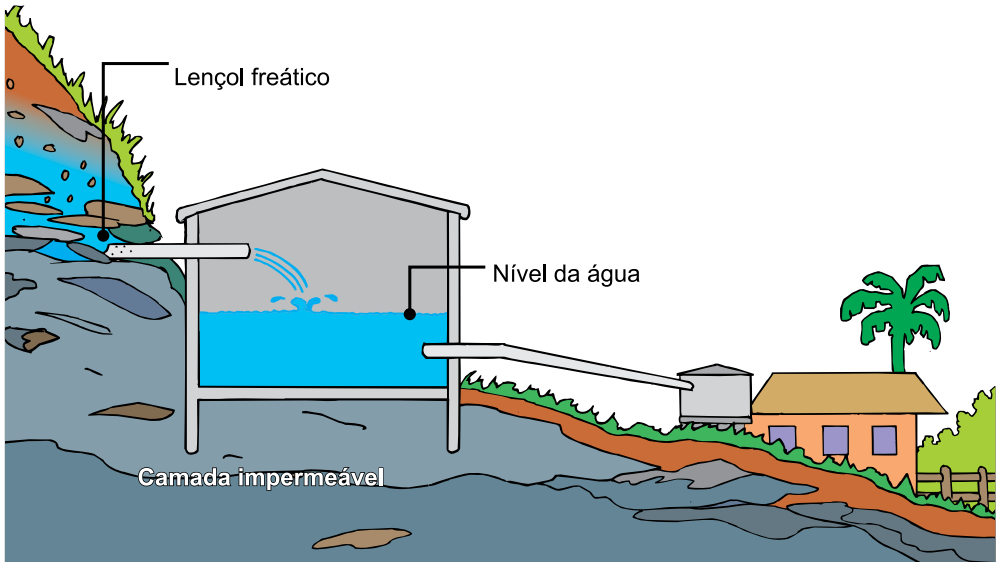


Fig. 1 – Captação Fonte de Encosta

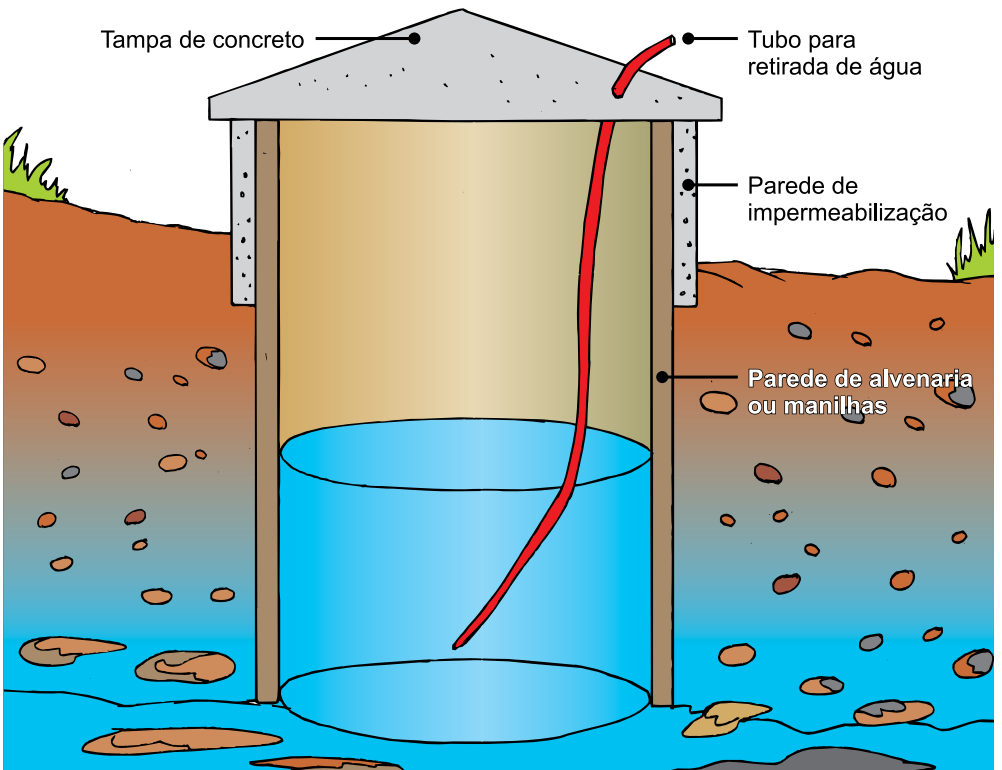


Fig. 2 - Poço Raso

dra, bambu, manilhas de concreto ou cerâmica e de tubos de PVC perfurados. A duração dos drenos de concreto depende da composição do terreno; terrenos ácidos corroem os tubos de concreto não protegidos. Os mais duráveis são os de manilha vidrada e os de PVC. Os diâmetros mais empregados são os de 10 a 20cm, excepcionalmente se empregam os de 30cm. Para captar mais água, é preferível estender a rede em vez de aumentar os diâmetros. Os drenos devem ser colocados nos fundos de valas abertas no terreno.

As valas devem ter fundo liso, protegido por camada de cascalho, e a inclinação deve ser uniforme. A profundidade mínima das valas deve ser de 1,20m; a declividade mínima de 0,25m por 100m; a declividade máxima de 3,0m por 100m. Os drenos principais devem ter sempre declividade superior aos drenos laterais ou secundários: declividade **mínima 0,5m por 100m (0,5%)**.

Poços escavados

São mais conhecidos como poços rasos ou freáticos, com diâmetro mínimo de 90cm, e destinam-se tanto ao abastecimento individual quanto ao coletivo. Essa solução permite o aproveitamento da água do lençol freático, atuando, geralmente, entre 10 a 20 m de profundidade, podendo obter de dois a três mil litros de água por dia.

Em primeiro lugar, a construção do

poço só será viável se houver indícios de água subterrânea na área pretendida e possibilidade de ser atingido o lençol. As referidas condições poderão ser determinadas por meio de métodos científicos e emprego de tecnologia apropriada. Na área rural, entretanto, e para o tipo de poço em questão, bons resultados serão obtidos por algumas indicações de ordem prática aliadas à experiência dos moradores da área (Fig.2).

A época adequada para escavação do poço é no período de estiagem, pois, no tempo chuvoso, os trabalhos tornam-se muito difíceis e até mesmo inviáveis. Durante a construção, todo cuidado de segurança deve

ser tomado por aquele que estiver trabalhando no poço; não se deve penetrar no seu interior sem ter meios de escape e sem a estabilidade das paredes.

A escavação poderá ser manual, usando-se ferramentas comuns: picareta, cavadeira, enxadão, etc., ou, também, por meio de trados, se o tipo de terreno for favorável.

O poço deverá ter o formato cilíndrico, com diâmetro mínimo de 90cm. A profundidade será a necessária para atingir o lençol freático, porém não inferior a 3m, que é a altura mínima do revestimento de proteção. Nos terrenos frágeis, é necessário revestir toda a parede do poço, a fim de evitar o seu desmoronamento. Uma boa técnica consiste em fazer o revestimento com

Poços escavados são mais conhecidos como poços rasos ou freáticos

manilhões de concreto. Os manilhões **são assentados na** boca do poço, um de cada vez. À medida que se for escavando por dentro deles, irão descendo por conta do próprio peso.

Uma vez atingido o lençol, recomenda-se aprofundar a escavação dentro dele, a fim de obter seu melhor aproveitamento. Para facilitar essa tarefa, pode-se fazer o esgotamento da água com bombas a motor ou manuais. Há terrenos firmes, não sujeitos a desmoronamentos, que dispensam o revestimento do poço. Mesmo assim, este deverá ser feito, pelo menos, até 3m de altura, para possibilitar a proteção sanitária. A proteção do poço escavado tem a finalidade de dar segurança à sua estrutura e, principalmente, evitar a contaminação da água.

A seguir, são apontados os possíveis meios de contaminação do poço e as respectivas medidas de proteção:

- a) infiltração de águas da superfície, pelo terreno, atingindo a parede e o interior do poço:
 1. Proteção: impermeabilizar a parede até a altura mínima de três metros e construir plataforma (calçada) de concreto com um metro de largura em volta da boca do poço.
 2. Sabe-se que, durante a infiltração das águas de superfície no terreno, suas impurezas ficam retidas numa faixa do solo, a qual, para seguran-

ça dos poços, é indicada com três metros. Por essa razão, o revestimento impermeabilizado deve atingir essa cota. A construção da calçada em volta do poço visa a evitar lamaçal e impedir, também, a infiltração das águas de superfície na área.

- b) escoamento de águas da superfície e enxurradas pela boca do poço para seu interior:

1. Proteção: construir uma caixa sobre a boca do poço, feita de concreto ou alvenaria de tijolos. A referida caixa poderá ser construída fazendo-se o prolongamento externo da parede de revestimento do poço. Deverá ter altura entre 50 e 80 centímetros a partir da superfície do solo.

- c) entrada de objetos contaminados, animais, papéis, etc., pela boca do poço:

1. Proteção: fechar a caixa da boca do poço com cobertura de concreto ou de madeira, deixando abertura de inspeção com tampa de encaixe.

Os poços tubulares profundos captam água do aquífero denominado artesiano ou confinado.

A retirada de água será feita pela bomba hidráulica centrífuga (de operação manual a mo-

tor elétrico) ou de êmbolo (de operação manual), pois permite manter o poço sempre fechado. Além disso, é de fácil operação e maior rendimento.

Após a construção das obras, o poço

deverá ser desinfetado. Só assim a água a ser fornecida estará em condições de uso.

A instalação de bomba elétrica é a melhor opção. Se não puder utilizar a bomba, aconselha-se o uso contínuo de cloradores por difusão.

Poço profundo ou artesiano

Os poços tubulares profundos captam água do aquífero denominado artesiano ou confinado e estão localizados abaixo do lençol freático, entre duas camadas impermeáveis e sujeitas a uma pressão maior que a atmosférica.

Nesses poços, o nível da água, em seu interior, subirá acima da camada aquífera. No caso de a água jorrar acima da superfície do solo, sem necessidade de meios de elevação mecânica, o poço é dito jorrante ou surgente. Caso a água se eleve dentro do poço, sem, contudo, ultrapassar a superfície do solo, o poço é dito semisurgente.

A quantidade de água que um poço tubular profundo pode fornecer depende das características geológicas do local, que influenciam a capacidade de armazenamento e de circulação da água no aquífero, por isso a produção de água só pode ser estimada a partir de estudos hidrogeológicos ou pela observação de registros operacionais de poços existentes na região.

Os poços profundos são construí-

dos por meio de perfuratrizes, portanto a escavação exige mão de obra e equipamentos especiais. A proteção do poço é feita com tubos de revestimento em aço ou PVC, destinados a impedir o desmoronamento das camadas de solo não consolidadas e a evitar sua contaminação. A retirada da água do poço normalmente é realizada pelas bombas centrífugas submersíveis ou bombas a compressor.

Noções sobre tratamento de água

O tratamento de água consiste basicamente em melhorar suas características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas, tornando-a adequada para consumo doméstico,

dessedentação de animais e utilização nas indústrias e na agricultura².

Existem vários métodos de tratamento de água. Os mais usados são:

1. Tratamentos domésticos.
2. Filtração.
3. Tratamento simplificado.
4. Tratamento convencional.
5. Tratamentos especiais.

Tratamentos domésticos

Fervura

A fervura consiste em aquecer a água a 100°C durante 10 a 15 minutos, para

Tratamento de água consiste basicamente em melhorar suas características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas.

assegurar o aquecimento total do líquido e o extermínio dos microrganismos⁴.

É um tratamento muito eficiente na purificação de águas impuras, mas tem o inconveniente de deixar a água com um gosto desagradável. Para tornar a água mais agradável ao paladar, recomenda-se o seu arejamento, passando-a de uma vasilha limpa para outra.

Filtração caseira

É uma opção de tratamento de uso doméstico conveniente, que remove grande parte de turbidez e das bactérias das águas, mas deve ser ressaltado que o filtro caseiro não retém certos germes causadores de doenças.

Existem vários tipos de filtros domésticos, cujo material filtrante pode ser constituído de porcelana porosa, terra de infusório, pedra porosa, carvão, etc.⁸

Um tipo de filtro que pode ser usado no meio rural é o filtro caseiro de areia, semelhante ao de uma ETA. Ele é composto, de baixo para cima, de camadas sucessivas de pedregulho, tecido poroso, carvão vegetal e areia. O uso do carvão vegetal objetiva a adsorção de compostos responsáveis pela presença de sabor e odor¹⁰.

Desinfecção pontual na água armazenada

Algumas substâncias químicas têm ação germicida e podem ser aplicadas de forma sim-

ples, adicionadas diretamente à água, tais como produtos à base de cloro e de iodo.

Desinfecção permanente por cloradores por difusão

Os cloradores por difusão são basicamente constituídos de uma embalagem plástica de um litro, onde se coloca uma mistura de cloro em pó – hipoclorito de cálcio (340 gramas) - e areia lavada (850 gramas). A função da areia é facilitar a liberação do cloro para a água. Toda vez que há bombeamento ou retirada manual de água, ocorre liberação de pequenas quantidades de cloro¹⁰. Tal tratamento é utilizado principalmente em poços rasos.

Filtração

A filtração é um processo físico em que a água atravessa um leito filtrante, em geral areia ou areia e carvão, de modo que partículas em suspensão sejam retidas, produzindo um efluente mais limpo. Tradicionalmente, existem dois processos distintos de filtração: filtração lenta e filtração rápida. A opção por um dos métodos depende principalmente da qualidade da água bruta e do volume a ser tratado e implica profundas diferenças no projeto da ETA.

O processo de filtração lenta é um pouco estático em suas alternativas de projeto. O

Algumas substâncias químicas têm ação germicida e podem ser aplicadas de forma simples, adicionadas diretamente à água, tais como produtos à base de cloro e de iodo.

processo de filtração rápida é bastante dinâmico em termos de alternativas de desenhos, podendo ser projetado com materiais diferentes no leito filtrante, dispositivos para aumento da capacidade de filtração, bem como fluxos por gravidade ou forçados, ascensionais ou descendentes.

Filtração lenta

A filtração lenta é um processo simples e de grande eficiência. O inconveniente é que funciona com taxas de filtração muito baixas, sendo aplicável apenas às águas de pouca turbidez (até 50mg/L), exigindo, por isso, grandes áreas de terreno e volume elevado de obras civis.

A velocidade ou taxa de filtração pode ser determinada a partir de exames de observações em instalações semelhantes que tratam água de qualidade comparável. Geralmente essa taxa varia entre 3 e 9m³/m².dia, sendo mais frequente entre 3 e 4 m³/m².dia. Acima dessa taxa, pode resultar em uma água de qualidade insatisfatória.

A estrutura vertical dos filtros lentos compreende as seguintes camadas:

1. altura livre sobre a água de 0,25 - 0,30m;
2. altura da coluna de água de 0,85 - 1,40 m;
3. camada de areia de 0,90 - 1,10m;
4. camada de pedregulho de 0,25 - 0,35 m;
5. drenos de 0,25 - 0,45 m.

Essa distribuição resulta em uma al-

tura total da ordem de 2,50 a 3,60m. A areia deve ter as seguintes características:

1. ser isenta de materiais orgânicos;
2. situar-se entre as peneiras de 0,15mm a 1,41mm;
3. obedecer aos parâmetros de caracterização com $D_{10} = 0,30\text{mm}$ e $D_{60} = 0,75\text{mm}$.

O fundo de filtro geralmente é constituído por drenos compreendendo uma tubulação principal ao longo da linha central alimentada por laterais igualmente espaçadas e perfuradas, nos seguintes diâmetros:

1. no principal, de 0,20 a 0,60m;
2. nas laterais, de 0,05 a 0,15m, dependendo do tamanho do filtro.

Esses drenos devem ser projetados com velocidades baixas, da ordem de 0,30 m/s no principal e 0,20m/s nas laterais. Também podem ser construídos empregando-se manilhas com juntas abertas.

A limpeza, ou recuperação da taxa de filtração, consiste na remoção de 2 a 4cm da camada superior à medida que o filtro perder sua capacidade de produção. Quando a altura do leito arenoso estiver reduzida à espessura de 0,60 m, devido às sucessivas operações de limpeza, deve-se providenciar a reposição da areia até o restabelecimento da altura do leito original.

Quanto aos resultados, os filtros lentos têm um excelente desempenho na remoção de bactérias, superiores aos filtros rápidos quanto à uniformidade dos resultados. Em geral, podem-se

apresentar como expectativa os seguintes valores:

1. remoção de turbidez: 100%;
2. remoção de cor (baixa): < 30%;
3. remoção de ferro: até 60%;
4. boa remoção de odor e sabor;
5. grande remoção de bactérias: > 95%.

Como vantagens, é fácil e de simples operação e controle, porém são importantes desvantagens a sua inviabilidade para turbidez superior a 40mg/L ou para turbidez + cor acima de 50mg/L e, também, a sua baixa velocidade de filtração, o que implica grandes áreas de ocupação. Assim, os filtros lentos têm sua aplicabilidade restrita a tratamento de pequenas vazões de consumo, águas pré-sedimentadas ou de baixa turbidez e para localidades onde os terrenos não sejam muito valorizados.

Filtração rápida

Cinquenta a sessenta por cento das impurezas ficam retidas no decantador. A água, com o restante das impurezas, flocos mais leves e partículas não floculadas, sai dos decantadores e segue para o processo de filtração, para retirada desse restante das impurezas. Nesta fase, os filtros rápidos tornam-se unidades essenciais em uma estação convencional e, por isso, exigem cuidadosa operação. Eles constituem uma “barreira sanitária” importante, podendo reter microrganismos patogênicos que resistem a outros processos de tratamento.

Taxas de filtração

As taxas de filtração são geralmente compreendidas entre 120 (com leito simples de areia) e 300m³/m².dia, dependendo da qualidade de operação, do sentido do fluxo, se de leito simples ou duplo, etc. Unidades com capacidade de filtração além de 150m³/m².dia, em geral, são denominadas de filtros de alta taxa, sendo por emprego de mecanismos ou por recursos que promovam o aumento da produção de água, e têm por objetivo a redução da área filtrante.

Limpeza

À medida que o filtro vai funcionando, acumula impurezas entre os interstícios do leito filtrante, aumentando progressivamente a perda de carga e a redução na sua capacidade de filtração. Quando essa perda atinge um valor preestabelecido ou a turbidez do efluente atinge além do máximo de operação, deve ser feita a lavagem. O tempo em que o filtro passa trabalhando, entre uma lavagem e outra consecutiva, é chamado de *carreira de filtração*. Ao final desse período, deve ser lavado para a retirada da sujeira que ficou retida no leito de filtração. Uma carreira de filtração fica em torno de 20 a 30 horas, podendo, em situações esporádicas, principalmente no início do período chuvoso, ocorrer mais de uma lavagem por dia. Esta lavagem tem aspectos bem peculiares.

Os filtros rápidos são lavados contracorrente, com velocidade e vazão

suficientes para criar turbulência adequada para causar o desprendimento das impurezas retidas e naturalmente grudadas nos grãos do leito filtrante. Neste processo, ocorrem a expansão do leito filtrante e o transporte da sujeira antes retida pela água de lavagem. Essa água suja efluente deve ter um destino adequado e, dependendo da escassez de água, deve ser recuperada para novo tratamento.

Para filtros de fluxo operacional descendente, durante a lavagem, a água deve atingir taxas da ordem de 800 a 1300m³/m² dia, durante seis a 10 minutos, conforme a necessidade de limpeza e a quantidade de sujeira. Emprega-se água completamente tratada, de preferência com o mesmo pH da encaminhada aos filtros para filtração, proveniente de um reservatório em cota mais alta, também pode ser feito por meio de bombas, em situações menos comuns.

Filtro rápido convencional de areia

Os filtros rápidos convencionais de areia, fluxo descendente, apresentam as seguintes características:

1. taxa de filtração: 120m³/m².dia;
2. lavagens uma a duas vezes por dia, tempo de 10 minutos, taxa de 800 a 1300m³/m².dia, consumo aproximado de 6% da água produzida.

A camada de pedregulho, suporte do leito filtrante, deve ter uma altura aproximada de 50cm e ser constituída na seguinte granulométrica, de cima

para baixo: de 3/16 e 3/32", numa espessura de cerca de 0,06m; de 1/2 e 3/16", 0,07m; 3/4 e 1/2", 0,10m; 1 1/2 e 3/4", 0,12m; 2 1/2 e 1 1/2", 0,15m.

Sob a camada de pedregulho fica o sistema de fundo com dimensões e forma que dependem do tipo selecionado pelo projetista, inclusive algumas tradicionais, como o tipo *Manifold*.

Como resultado, tais filtros apresentam uma boa remoção de bactérias (90 a 95%), grande remoção de cor e turbidez, pouca remoção de odor e sabor. Como vantagens, são citados maior rendimento, menor área, aproveitamento de águas de pior qualidade; e como desvantagens, requerem um controle rigoroso da Estação de Tratamento de Água (ETA), pessoal habilitado e especializado, casa de química, laboratório de análise, além de um significativo consumo de água tratada, que pode atingir cerca de 8% da produção diária de água tratada em uma ETA.

Filtração em leitos duplos (areia mais antracito)

A estrutura dos filtros compreende as seguintes camadas:

1. altura livre acima da água: 0,20 a 0,40m;
2. camada de água a filtrar: 1,40 a 1,80m;
3. camada de antracito: 0,45 a 0,60m;
4. camada de areia: 0,20 a 0,30m;
5. camada de pedregulho: 0,20 a 0,50m;
6. altura total: 2,45 a 3,60m.

Sob a camada de pedregulho fica o sistema de fundo, com dimensões que dependem do tipo selecionado.

Os materiais filtrantes devem seguir a seguintes especificações:

1. tamanho efetivo da areia: 0,4 a 0,5mm;
2. coeficiente de uniformidade: inferior a 1,55;
3. tamanho efetivo do antracito: 0,8 a 1,0mm.

Filtração direta

Excepcionalmente, em situações em que certas águas apresentam condições favoráveis, o tratamento pode prescindir da decantação, procedendo-se diretamente à filtração rápida. São casos em que a turbidez não ultrapassa as 40 unidades e a cor não exige dosagens significantes de coagulante. As águas provenientes de reservatórios de acumulações, com baixa turbidez e pequena variação de qualidade durante o ano, são as mais indicadas para esse tipo de tratamento.

Nesses casos, após a mistura rápida, pode-se proceder à coagulação em floculadores de detenção relativamente curta, em cerca de 15 minutos; a taxa de filtração pode ser maior do que a usual e o consumo de água para lavagem dos filtros é mais elevado. Porém, a filtração

Depois de filtrada, a água deve receber a adição de cal para correção do pH, a desinfecção por cloro e a fluoretação.

direta possibilita economia de 20% a 40% na construção de estações de tratamento.

Desinfecção

A desinfecção é o processo de tratamento para a eliminação dos microrganismos patogênicos eventualmente presentes na água. Quase todas as águas de abastecimento são desinfetadas para melhoria da qualidade bacteriológica e segurança sanitária.

Depois de filtrada, a água deve receber a adição de cal para correção do pH, a desinfecção por cloro e a fluoretação. Nesta fase, a desinfecção por cloro é frequentemente chamada de *pós-cloração*. Só então ela está própria para o consumo, garantindo a inexistência de bactérias e partículas nocivas à saúde humana, que poderiam provocar surtos de epidemias, como de cólera ou de tifo. É essencial o monitoramento da qualidade das águas em laboratórios, durante todo o processo de produção e distribuição.

A ação por oxidação consegue-se empregando MnO_4K , H_2O_2 e O_3 , e a ação por envenenamento tratando-se com halogênios: F, Cl, Br e I ou compostos destes, como, por exemplo, o hipoclorito de cálcio. O tratamento com ultravioleta define-se como ação física, embora este tratamento seja mais empregado na esterilização.

Referências

1. TELLES, D.D.; DOMINGUES, A.F. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. 3.ed. São Paulo: Escrituras Editora, São Paulo, 2006. p. 325-365.
2. BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. *Manual de saneamento*. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408p.
3. ROUQUAYROL, M.Z. *Epidemiologia e Saúde*. 4.ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1993. 540p.
4. ROCHA, O. *Espécies invasoras em águas doces: estudos de caso e propostas de manejo em São Carlos*. São Carlos: Editora da UFSCar, 2006.
5. NETTO, J.M.A.; PEREIRA, B.E.B.; YASSUDA, E.R. et al. *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. 2. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987. 550p.
6. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: DESA – UFMG. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 1. 2005. 452 p.
7. DAKER, A. *A água na agricultura. Captação, Elevação e Melhoramento da Água*. Vol.2. Rio de Janeiro. Livraria Freitas Bastos S.A. 6.ed. 1983. 348p.
8. MACEDO, J.A.B. *Introdução à Química Ambiental*. CRQ, MG. 2002. 1044p.
9. VIANA, F.C. *Construção de poços rasos, cisternas e o uso de cloradores por difusão*. 4.ed. UFMG, Belo Horizonte. 1988. 40p.
10. BARROS, R.T.V.; CASTRO, A.A.; COSTA, A.M.L.M. et al. *Saneamento. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios*. Belo Horizonte. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). 1995. 221p.
11. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n.357, 17 mar. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em: 20 mar. 2012.
12. BARRETO, G.B. *Noções de Saneamento Rural*. 2.ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1984. 54p.

Caracterização de águas residuárias em sistemas de produção animal



bigstockphoto.com

*Luciano dos Santos Rodrigues¹,
Israel José da Silva¹,
Bruna Coelho Lopes²*

¹Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, MG

²Médica veterinária autônomo

*Autor para correspondência

E-mail: lsantosrodrigues@gmail.com

Introdução

A água é um recurso estratégico e um bem que deve ser melhor trabalhado nos sistemas de produção animal. A formação de profissionais nas áreas de ciências agrárias (médicos veterinários, zootecnistas, engenheiros agrícolas, engenheiros florestais e agrônomos), até

há pouco tempo, tinha como foco a produção sem levar em conta o consumo, o desperdício e a poluição deste recurso natural.

Através dos séculos, a complexidade dos múltiplos usos da água pelo homem aumentou e produziu enorme conjunto de degradação e poluição ambiental¹. É falsa a aparente concepção de que a água

doce é abundante. Somente 3% da água do planeta é disponível como água doce. Destes 3%, cerca de 75% estão congelados nas calotas polares e cerca de 10% estão nos aquíferos. Portanto, somente 15% dos 3% de água doce do planeta estão disponíveis¹.

A história do uso da água em sistemas de produção animal é complexa e teve, nos últimos 50 anos, várias reviravoltas na forma de inclusão e utilização nas diversas formas de manejo (sistemas extensivos, semiextensivos, confinados, semiconfinados, criação no solo, sobre gaiolas, pisos suspensos ripados ou semirripados, em camas sobrepostas,...). A água foi também utilizada como ferramenta de limpeza e redução de custos de mão de obra quando usada como lâmina d'água e *flushing* em sistemas de produção de suínos e bovinos confinados, respectivamente.

As atividades de produção animal, quando o assunto é a utilização dos recursos hídricos, para a expansão do crescimento e para atender a demanda de desenvolvimento econômico da atividade, geralmente resultam em subprodutos (resíduos) que não agregam valor e que, invariavelmente, vão comprometer em maior ou menor grau o meio ambiente.

A água foi também utilizada como ferramenta de limpeza e redução de custos de mão de obra.

Na agropecuária, a contaminação de águas superficiais e subterrâneas estaria como prioridade número um. As lagoas de estabilização, as celas de compostagem de resíduos e de carcaças podem contaminar as águas subterrâneas por transbordamento em épocas de chuva, por mau acondicionamento na confecção das lagoas, bioesterqueiras e percolação.

A utilização de dejetos de suínos para adubação pode melhorar a aeração, porosidade e retenção de água, entretanto sua aplicação pode acarretar problemas de salinização ou desequilíbrio de nutrientes. As concentrações de alguns elementos são da ordem de 8,10 a 52,27kg/m³ de DBO, os teores de nitrogênio de 1,40 a 2,7kg/m³, o fósforo de 0,47 a 0,94kg/m³ e a matéria seca da ordem de 2,9 a 5,7%.

O rebanho brasileiro de suínos e aves gera anualmente 105 milhões de m³ de dejetos líquidos e 7,8 milhões de toneladas de cama de aviário. A reutilização destes poderá proporcionar 680.000 t de N, 660.000 t de P₂O₅ e 440.000 t de K₂O, que representam, aproximadamente, 27%, 21% e 12% do total anual consumido de N, P e K na agricultura brasileira².

No senso comum, toda e qualquer atividade

Dejetos de suínos para adubação pode melhorar a aeração, porosidade e retenção de água, entretanto sua aplicação pode acarretar problemas de salinização ou desequilíbrio de nutrientes.

de que gere poluição desagrega valor ao seu produto. Mundialmente, o desenvolvimento deve caminhar para a forma sustentável de produção.

Logo, sob esta nova égide da água como bem finito, sistemas que geram desperdício ou consumo excessivo tornar-se-ão inviáveis num planeta que cada vez mais legisla sobre o impacto destes nos rios, lagos, represas e oceanos.

Classificação e exigências legais

Segundo o COPAM (Conselho Estadual de Política Ambiental), os projetos de produção animal devem ser concebidos seguindo as seguintes etapas:

1. Informações específicas do empreendimento, constando área construída e área total e o tipo de mão de obra empregada na atividade.
2. Processos produtivos: é necessário anexar o *layout* do empreendimento, descrevendo os equipamentos a serem utilizados, como filtros, bombas, tanques e o fluxo do processo com o tempo da operação e os produtos intermediários e finais por mês.
3. Insumos e produtos: o consumo de rações por fase de produção e matéria-prima usada na confecção,

As descrições exigidas pelo COPAM levam em consideração que, dependendo do clima da região, os parâmetros de projeto podem não atender a demanda da atividade.

citando o consumo de produtos químicos e as fontes de água do seu uso.

4. Emissões: devem ser incluídos os parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química Oxigênio, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Dissolvidos Totais, etc. Se os efluentes forem utilizáveis para fertirrigação, a composição e o tipo de fluxo hidráulico (contínuo ou descontínuo) devem ser descritos.
 5. Águas pluviais: as precipitações médias da área do projeto devem ser relatadas, e a destinação dada às águas pluviais.
 6. Sistema de controle de tratamento de efluentes líquidos: a relação de todos os sistemas de tratamento com as respectivas capacidades e motivo de escolha, a área a ser usada e o volume e composição físico-química dos efluentes.
 7. Junto, devem estar anexados os croquis e o mapa das construções e a disposição final dos efluentes líquidos, sólidos e para fertirrigação, a análise e o monitoramento destes.
- As descrições exigidas pelo COPAM levam em consideração que, dependendo do clima da região, os parâmetros de projeto podem não atender a demanda da atividade. Por exemplo, a demanda de água por matriz numa suinocultura de clima quente e seco é totalmente di-

ferente do consumo de um clima frio e úmido. As espécies, as fases de criação, a forma de criação (confinada ou solta) e o tipo de projeto (canaletas, calhas, lâmina d'água) interferem diretamente na concepção do projeto.

Características físicas, químicas e biológicas dos efluentes

Criatórios animais

Caso, nos criatórios de animais, tenha se optado pelo manejo de resíduos produzidos na forma líquida (liquame, com concentração de sólidos totais de 8 a 15 g/L), ou água residuária, com concentração de sólidos totais menor que 8g/L, as quantidades produzidas e as características do resíduo serão alteradas pela diluição proporcionada pela adição de água. Além disso, as quantidades produzidas variam com o período do ano, dia da semana e horário do dia. No geral, a vazão de águas residuárias geradas na criação de animais é função do número de animais confinados, da quantidade de água desperdiçada nos bebedouros, da quantidade de água usada na higienização das instalações e transporte hidráulico dos dejetos

A vazão de águas residuárias geradas na criação de animais é função do número de animais confinados, da quantidade de água desperdiçada nos bebedouros, da quantidade de água usada na higienização das instalações e transporte hidráulico dos dejetos.

e da existência ou não de sistemas de isolamento para evitar a incorporação de águas pluviais³.

A incorporação de água aos dejetos frescos, a fim de facilitar o transporte e, principalmente, a aplicação desses resíduos em áreas de cultivo agrícola, tem sido prática frequente em muitos países, notadamente nos que têm mais avançada tecnologia agropecuária. Nesses países, até a “cama” de frango tem recebido água para tornar o resíduo líquido, facilitando, dessa forma, sua aplicação no solo³.

Em suinoculturas, nas quais o dejetos é transportado por meio hidráulico, geram-se, em média, entre 8 e 25 litros de águas residuárias por animal por dia. A produção diária de águas residuárias na bovinocultura confinada está em torno de 4,6g/kg¹ da massa viva do animal. Ovinos geram, por dia, o equivalente a 3,6g/kg de sua massa viva como água residuária³.

As características químicas e físicas das águas residuárias de criatórios de animais são altamente variáveis, uma vez que dependem da digestibilidade e da composição da ração, além da idade dos animais. A concentração de sólidos totais é dependente da diluição imposta aos dejetos pela água usada na higienização.

zação das baías, e como fluido transportador, perdas em bebedouros e existência ou não de sistema para a condução em separado das águas pluviais³.

Procedimentos para caracterização dos efluentes não domésticos

Caracterização quantitativa: balanço hídrico nas indústrias; informações sobre o regime de descarte:

1. Vazões máxima, média e mínima da(s) corrente(s) de efluentes quando de descartes contínuos;
2. Volume e periodicidade de descartes quando das operações por bateladas (batch);
3. Amplitudes e parâmetros passíveis de leitura em campo, tais como condutividade, pH, sólidos sedimentáveis, temperatura, etc.
4. Caracterização qualitativa: na indústria, de modo geral, pode-se dizer que os despejos variam de acordo com a proporção de diversificação dos processos. Geralmente são divididos entre efluentes predominantemente orgânicos e efluentes predominantemente inorgânicos.
5. Em uma mesma indústria, pode ocorrer, concomitantemente, a geração de efluentes orgânicos e inorgânicos.

Suinocultura

As águas residuárias da suinocultura contêm grande quantidade de

material orgânico (DBO de 5.000 a 20.000mg/L) e sólidos totais, estando a composição química básica do líquido, produzidos em unidades de crescimento e terminação (animais de 25 a 100kg)³.

Os sistemas de produções de suínos do Brasil propiciam elevada produção de dejetos líquidos, gerando problemas de manejo, armazenamento, distribuição e poluição ambiental. A concepção das edificações, alimentação, tipo de bebedouros, sistema de limpeza e manejo determinam, basicamente, as características e o volume total dos dejetos produzidos. Considerando-se esses aspectos, deve-se prever a instalação de bebedouros adequados, a aquisição de equipamentos de limpeza de baixa vazão e alta pressão e a construção de sistemas que escoem a água de desperdício dos bebedouros e de limpeza para sumidouros e que evitem a entrada da água do telhado e das enxurradas nas calhas e esterqueiras⁴.

A quantidade total de dejetos produzidos por um suíno em determinada fase do seu desenvolvimento é um dado fundamental para o planejamento das instalações de coleta e estocagem, bem como a definição dos equipamentos a serem utilizados para o transporte e a distribuição dele na lavoura. As quantidades de fezes e urina são afetadas por fatores zootécnicos (tamanho, sexo, raça e atividade), ambientais (temperatura e umidade) e dietéticos (digestibilidade, conteúdo de fibra e proteína).

Tabela 1 - Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos⁵

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + urina (kg/dia)	Dejetos líquidos (litros/dia)
Suínos 25 a 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas lactação + leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Tabela 2 - Quantidade estimada de dejetos líquidos de suínos produzidos diariamente de acordo com o sistema de produção.

Tipo de sistema de produção	Quantidade diária de dejetos
Ciclo completo	85 litros / matriz
Unidade de produção de leitões (UPL)	45 litros / matriz
Terminador	9,0 litros / matriz

A Tabela 1 apresenta a produção diária de dejetos, de acordo com a categoria dos suínos, e a Tabela 2 a variação da produção de dejetos em função do sistema de produção.

O conteúdo de água é um dos fatores que mais afeta as características físico-químicas e a quantidade total de dejetos. Assim sendo, os valores de produção total dos dejetos de suínos somente poderão ser avaliados corretamente quando se considerar também o seu grau de diluição.

A geração de resíduos na bovinocultura de leite advém principalmente do esterco (puro e/ou diluído com água) recolhido na sala de ordenha e do esterco mais cama dos estábulos.

Bovino-cultura

A geração de resíduos na bovinocultura de leite advém principalmente do esterco (puro e/ou diluído com água) recolhido na sala de ordenha e do esterco mais cama dos estábulos. Quando o gado leiteiro é manejado em instalações do tipo *free stall*, o manejo do esterco pode ser feito na forma líquida, semisólida e sólida. Se o regime de confinamento é total e a opção é por esterco líquido, todos os dejetos (fezes mais urina mais água) serão coletados⁶.

A produção intensiva na pecuária enfrenta grandes desafios para estabelecer o equilíbrio das estreitas relações que existem entre a produção intensiva, a saúde animal e a sustentabilidade ambiental⁷.

A geração de dejetos bovinos leiteiros é altamente dependente do consumo de alimentos, que, por sua vez, relaciona-se à produção diária de leite. Estima-se que vacas Holandesas, consumindo em média 18,7kg de matéria seca/dia e produzindo em torno de 22kg de leite/dia, gerem diariamente 62,48kg de fezes mais urina⁸.

Desde há algum tempo, vem se fazendo o manejo de estrumes em forma líquida, proveniente da mistura de sólidos, líquidos e água de limpeza das instalações e equipamentos, reduzindo os custos da extração diária dos resíduos e permitindo a mecanização simples desta operação⁹.

A produção diária de dejetos frescos (sólidos e líquidos) por animais de raças leiteiras é da ordem de 8-11% de seu peso vivo, com teor 10-12% de matéria seca^{9,10,11,12,13}. A relação fezes/urina (F/U) nas dejeções de gado leiteiro é de

1,5 e 2,2, respectivamente^{11,14}. A densidade média do esterco fresco de vacas em lactação é de 1.005 kg/m³. Vacas Holandesas em lactação, com 567kg de peso vivo médio, ingerindo uma alimentação fixa de 20kg de matéria seca por animal, por dia, e 16kg de matéria seca por 454kg de peso vivo, apresentam uma relação média de F/U, nas dejeções de 1,6 com uma variação de 1,4 a 1,9. Alguns valores característicos dessa produção podem ser vistos na Tabela 3.

Na bovinocultura de corte, existem dois sistemas de criação dos animais: o sistema extensivo, no qual os animais são criados a pasto e, portanto, não se tem controle no manejo do dejetos gerado, e o sistema intensivo, em que os animais são criados em confinamento total e o dejetos é totalmente recuperado, por meio de raspagem e sem necessidade da utilização de água. Por predominar a criação a pasto, são encontradas dificuldades relacionadas às coletas de dados de quantificação e caracterização dos dejetos gerados pela bovinocultura de corte, observando-se que existe maior quantidade de trabalhos na bovinocultura leiteira.

Tabela 3 - Parâmetros de carga poluidora, das dejeções totais de vacas leiteiras, por unidade de animal por dia¹⁵.

Parâmetros (mg/kg)	Autores		
	MWPS-7 (1974)	ASAE 384 (1983)	van Horn (1992)
DBO	20.730	20.847	15.419
DQO	110.976	111.309	106.119
Sólidos totais	126.829	126.344	115.766
Sólidos voláteis	104.878	102.151	96.472

De maneira geral, a quantidade de dejetos produzidos por bovinos de corte é inferior à quantidade produzida por bovinos de leite, principalmente quando se toma com base animais em pastejo, sistema predominante no Brasil; para animais de 450kg de peso, bovinos de corte excretam 8,5 toneladas/ano e bovinos de leite 12 toneladas/ano de dejetos frescos¹⁶.

Caracterização dos efluentes da agroindústria

Perfil do setor

A agroindústria é definida como a indústria que beneficia matéria-prima oriunda da agricultura e da pecuária. Por isso, tem uma característica peculiar de agregar as duas fases da produção, pois o ritmo da produção industrial obedece ao da produção natural. O setor agroindustrial¹⁷ apresentou resultados positivos nos dois primeiros períodos de 2010. No primeiro trimestre, houve um crescimento de 5,2%, enquanto no segundo foi de 6,7%. Esses resultados alcançados foram decorrentes tanto do crescimento da agricultura, de 2,6% para 5,5%, quanto do crescimento da pecuária, de 2,8% para 5,8%.

Do ponto de vista econômico, a agroindústria está inserida no agro-negócio, que incorpora a relação comercial e industrial e engloba as ca-

deias produtivas agrícolas e pecuárias. Conceitualmente, ela é dividida em três partes: “dentro da porteira” (produtores rurais), “pré-porteira” (indústria ou comércio de insumos) e “pós-porteira” (beneficiamento e venda dos produtos agropecuários até o consumidor final).

Descrição dos processos produtivos

Abatedouro

No segundo semestre de 2010, foram abatidas 7,587 milhões de cabeças de bovinos, alta de 7,2% com relação ao trimestre imediatamente anterior e de 10% na comparação com o mesmo período de 2009. O abate de frangos foi 1,236 bilhões de unidades, alta de 2,4% frente ao trimestre imediatamente anterior e de 5,8% em relação ao mesmo período de 2009. O abate de suínos cresceu 3,3% em relação ao trimestre anterior e 6,6% na comparação com o mesmo período de 2009. Com isso, a

produção somou 8,067 milhões de cabeças. Desde o terceiro trimestre de 2008, o volume de suínos abatidos vem superando o de bovinos¹⁷.

O processo produtivo do abate de bovinos está resumido no fluxograma acima. Praticamente, em todas as etapas do abate, há a geração de resíduos e efluentes. Todo o abate é regido pela legislação federal, o RIISPOA

Todas as etapas do abate, há a geração de resíduos e efluentes.

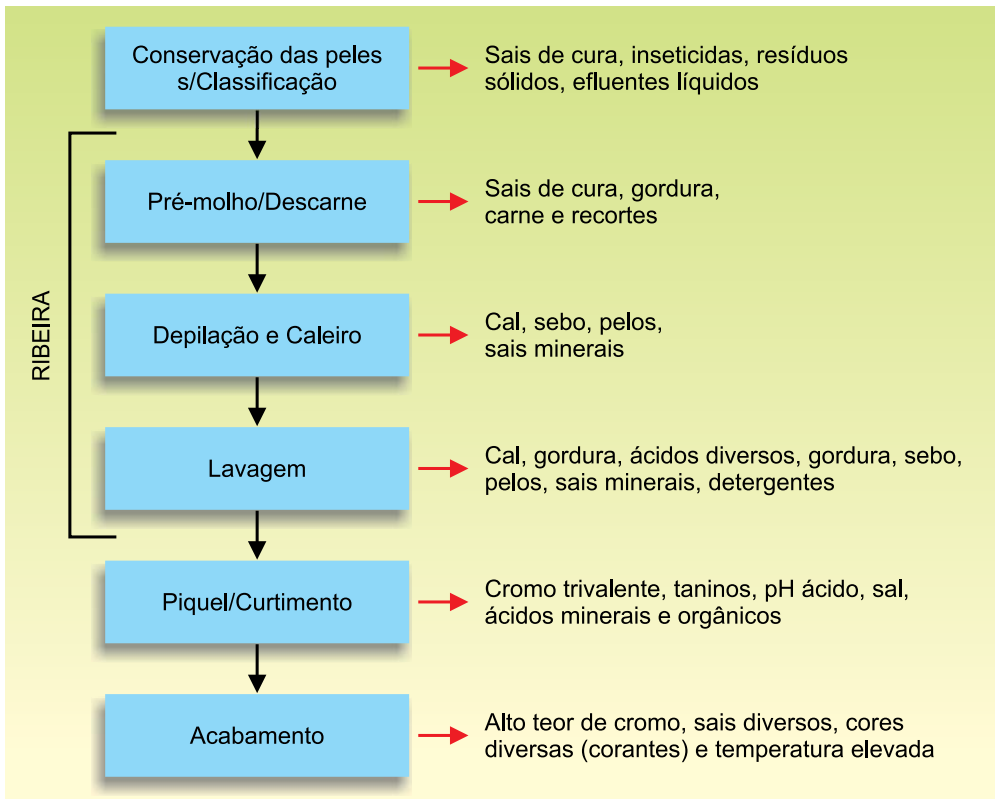


Figura 3. Fluxograma básico do abate de bovinos¹⁸

(Regulamento de Inspeção Industrial de Produtos de Origem Animal). De acordo com tal regulamento, os animais devem ser descarregados na recepção/curral, onde, em jejum e em dieta hídrica, aguardam o abate. Os dejetos produzidos e a lavagem de caminhões, por questões sanitárias, são alguns resíduos gerados nesta etapa.

Após o descanso, inicia-se o processo do abate. Os animais são atordoados por concussão cerebral, passam para a área de vômito onde são içados pelos pés. A sangria é feita rapidamente e, pela legislação, deve demorar aproximadamente três minutos. Estudos relatam

que, neste tempo, cerca de 60% de todo o sangue circulante do animal é eliminado. Esta é uma etapa importante porque o sangue é um resíduo conhecido pelos altos teores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Segundo Johns (1995), a DBO do sangue *in natura* é cerca de 150-200g/L, e cada bovino com 600kg de peso vivo perde, aproximadamente, 20-25 litros de sangue durante a sangria¹⁸.

Depois da sangria, há a retirada dos cascos, chifres e couro, conhecida como esfolia. Após seccionar a pele, o couro passa pelo roloteamento e, através de *shunts*, é destinado a curtumes. Se não

houver destinos mais nobres, cascos e chifres seguem para a graxaria.

Durante a evisceração, as vísceras comestíveis e não comestíveis são separadas das carcaças. Os miúdos são inspecionados e liberados para consumo. As vísceras não comestíveis e o conteúdo ruminal são, através dos *shunts*, destinados à graxaria. É importante salientar que, durante a inspeção e na fase de acabamento, limpezas são feitas na carcaça para retirada de partes condenadas e de excesso de gordura, que também são resíduos destinados à graxaria.

O abate de frangos possui algumas

particularidades. Há algumas décadas, o processamento do frango foi marcado por mudanças na indústria com melhoras na eficiência do processo produtivo. Nos dias atuais, a automação das indústrias realiza abate de milhares de cabeças diárias. O sangue coletado na sangria representa 2% do peso vivo de cada frango, cerca de 40g/frango. Depois da sangria, para facilitar a remoção das penas, os frangos são escaldados em imersão em água quente. As penas são retiradas por depenadeiras e representam 10% do peso vivo. Subsequente à evisceração, a produção de subprodutos são: cabeça (6,9%),

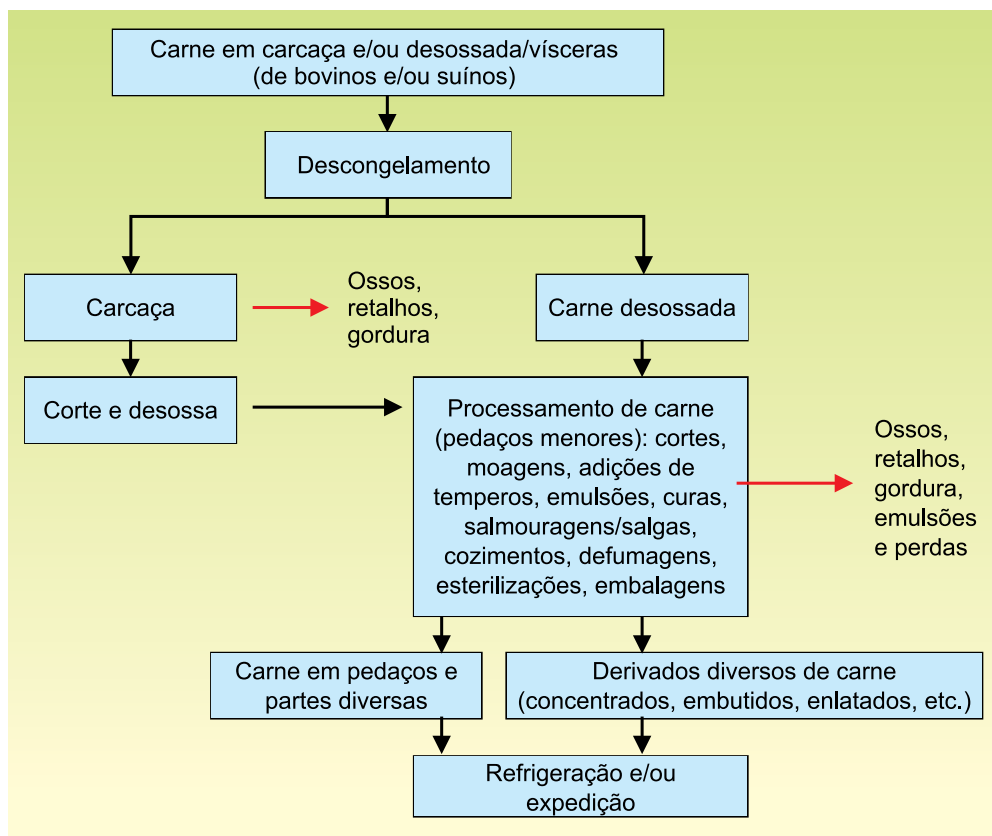


Figura 4 - Fluxograma da indústria de processamento¹⁸

pé (4,4%) e víscera (10%). Após o abate, o peso médio da carcaça é de 1,4kg. Depois, ela segue para o “chiller” para conter o crescimento bacteriano¹⁹.

Os subprodutos do abate e os resíduos podem conter uma variedade de 100 espécies diferentes de microrganismos patogênicos que contaminam as penas, os pés, o conteúdo intestinal e os equipamentos do abatedouro. Entre os patógenos principais estão a *Salmonella* sp., o *Staphylococcus* sp. e o *Clostridium* sp. Os produtos originados das aves possuem uma probabilidade maior de conter *Salmonella* sp. e *Campylobacter* sp.¹⁹.

Os efluentes de abatedouro possuem altos valores de DBO e DQO, parâmetros utilizados para quantificar a carga poluidora orgânica nos efluentes, além dos sólidos em suspensão, graxas e material flutuante. Fragmentos de carne, de gordura e vísceras normalmente podem ser encontrados nos efluentes. Portanto, juntamente com o salgue, há material altamente putrescível nestes efluentes, que entram em decomposição poucas horas depois de sua geração, tanto maior quanto mais alta for a temperatura ambiente. Caso o sangue de um único bovino fosse descartado diretamente na rede, o acréscimo de DQO no efluente seria equivalente ao do esgoto total produzido por cerca de 50 pessoas em um dia¹⁸.

Indústria de processamento

Uma indústria de processamento, independentemente do abatedouro, produz um efluente diferente das indústrias que possuem abatedouro integrado.

O fluxograma acima descreve as principais etapas do processo de industrialização da carne. As meias carcaças, oriundas do abatedouro, chegam às indústrias de processamento resfriadas ou congeladas. O tipo de corte será de acordo com as necessidades do mercado consumidor. O corte pode ser temperado ou não, e os retalhos produzidos e a carne mecanicamente separada são destinados à salsicharia.

Os efluentes da indústria de processamento da carne possuem altos teores de nitrogênio e DBO, principalmente amônia, mas são pobres em fósforo, em contraste com as águas residuárias de abatedouro. A concentração de amônia pode variar significativamente entre o verão e o inverno²⁰.

Graxaria

O fluxograma abaixo (Figura 5) mostra as principais etapas da graxaria, que industrializa material proveniente de abatedouro de bovinos e suínos. O material utilizado pelas graxarias são ossos, restos/aparas de carne e de gorduras, vísceras não comestíveis e conde-

Os subprodutos do abate e os resíduos podem conter uma variedade de 100 espécies diferentes de microrganismos patogênicos.

nações. Esse material é, primeiramente, fragmentado e moído para facilitar a remoção da medula óssea e o cozimento. Depois, vai direto para as caldeiras onde permanece sob vapor indireto, assim a gordura se torna líquida, facilitando seu recolhimento. O cozimento, normalmente, é realizado sob pressão, em temperaturas de 120 a 150°C, com tempos que variam de uma a quatro horas.

O material que sai do cozimento é prensado ainda quente, para que se extraia o máximo de gordura possível. Após a prensagem, é novamente moído para ser esterilizado. Depois, segue para o peneiramento e a embalagem.

Curtume

A aquisição de couro cru de bovino foi de 9,157 milhões no segundo semestre, 7,7% acima do verificado no primeiro trimestre e 12,3% maior que o alcançado no mesmo período de 2009. A principal origem do couro adquirido foram os matadouros frigoríficos (63,0%)¹⁷.

As etapas de transformação da pele em couro consistem, basicamente, em ribeira, curtimento e acabamento. As peles podem chegar ao curtume de duas maneiras: verdes, quando não possuem nenhum tipo de tratamento prévio e seu peso é de 35-40kg por unidade; ou curadas, quando, ainda no abatedouro, são intercaladas com camadas de sal e inseticidas para auxiliar na conservação

e no transporte. O sal provoca desidratação da pele, resultando em um peso de 20-30kg por unidade¹⁸.

Na etapa da ribeira, o pré-molho e descarte são etapas físicas de remoção de impurezas da pele. A fase da ribeira é a responsável pela maior parte das cargas poluentes e tóxicas dos efluentes de curtumes. Para a retirada dos pelos, é realizado um banho de 17 horas, com agitação periódica, numa solução contendo água, sulfato de sódio e cal hidratada²¹.

Substâncias químicas residuais de sulfetos, que são utilizados no caleiro, combinam-se ao meio alcalino formando gás sulfídrico; são tóxicos e responsáveis pelo odor dos curtumes. Em meio alcalino forte, não há liberação de H₂S, mas, quando esses despejos se misturam com os despejos ácidos das fases subsequentes, há, de imediato, o aparecimento do mau cheiro.

É na fase do curtimento que as fibras da pele irão se transformar em um produto imputrescível, o couro. Diversos reagentes podem ser utilizados, como taninos vegetais e sintéticos, cromo, sais de alumínio, etc. No Brasil, o principal produto usado em seu curtimento é o cromo (em 95,6% dos casos); apenas 4,1% do couro é curtido usando-se o tanino¹⁷.

Algumas medidas específicas no processo produtivo do couro podem ser adotadas para a redução significativa da geração de poluentes. Durante a con-

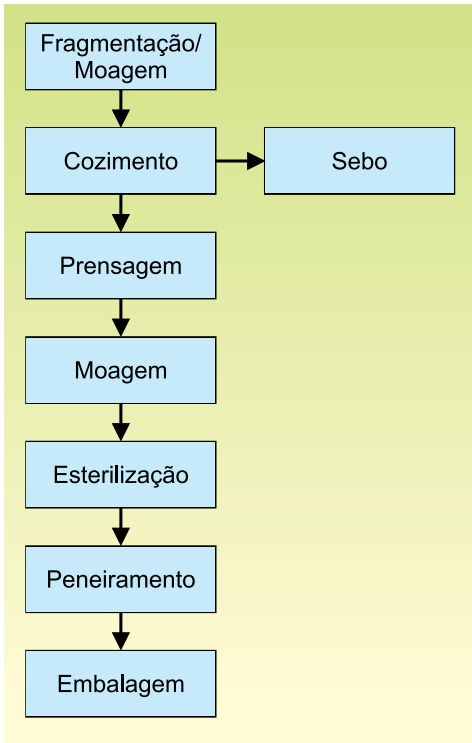


Figura 5. Fluxograma da graxaria.

servação e o armazenamento das peles, pode-se empregar a recuperação do sal. A quantidade de sal utilizado na conservação é cerca de 40-50% em relação ao peso bruto das peles, sendo possível recuperar de 1,5 a 2,0kg/pele, no batimento manual das peles. A diminuição do sal nos efluentes tratados melhora a tratabilidade biológica, diminui a carga final de sal lançada no efluente e gera economia de insumos.

Outra medida é a reciclagem dos banhos de depilação/caleiro, que consiste na recuperação do banho residual de um lote de peles e seu uso no processo de depilação do lote seguinte. Com esta medida, é possível recuperação de até 80% do volume do banho principal. O banho reciclado não implica qualquer

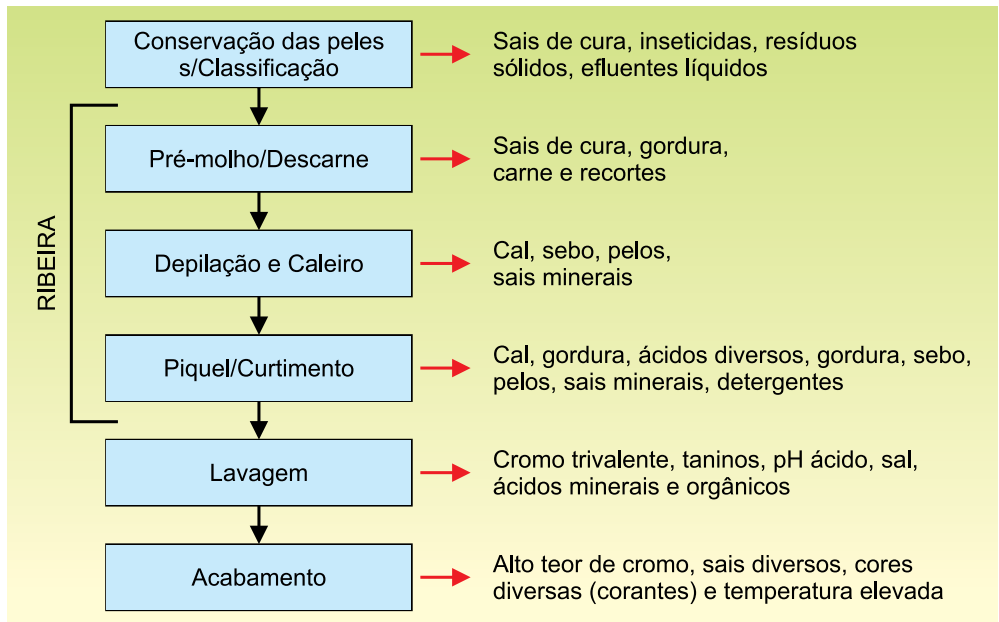


Figura 6. Fluxograma de um curtume^{18,21}

tipo de prejuízo na qualidade do produto final¹⁸.

Laticínio

A aquisição de leite somou 4,906 bilhões de litros no segundo semestre de 2010, sendo que o Estado de Minas Gerais adquiriu 27,8% do total¹⁷.

Os pontos de geração de efluentes (Figura 7) são: lavagem e limpeza de produtos remanescentes em caminhões, latões, tanques, linhas, máquinas e equipamentos, além de derramamentos, vazamentos e descarte de produtos. Os efluentes de laticínio apresentam altos teores de óleos e graxas e se caracterizam pela presença de sólidos suspensos, matéria orgânica e odor, originados pela decomposição da caseína e variações de temperatura, provocadas por etapas produtivas específicas.

Os efluentes de laticínios têm sido extensivamente tratados quimicamente utilizando-se técnicas de coagulação/filtração e sedimentação. A principal desvantagem deste método são os altos custos do coagulante, a alta produção de lodo e a baixa remoção de

DQO filtrada. O tratamento biológico é recomendado²³.

Os laticínios são uma das maiores fontes de poluição no Egito e, geralmente, possuem águas residuárias caracterizadas por altos valores de DBO e DQO, que representam carga orgânica. Esse tipo de efluente causa problemas em plantas de tratamento de esgotos doméstico por causa da sua elevada carga orgânica²³.

Os efluentes de laticínio apresentam altos teores de óleos e graxas e se caracterizam pela presença de sólidos suspensos, matéria orgânica e odor, originados pela decomposição da caseína

Consumo de água

O principal fator que afeta o volume de água consumido na agroindústria são as práticas de lavagem. Os regulamentos técnicos, como o RIISPOA, exigem o uso de água potável com mínimo de cloro residual para operações de utilização, lavagem e enxágue. A escolha dos detergentes e/ou sanitizantes deve considerar, além da sua finalidade principal (limpeza e higienização), os possíveis efeitos na estação de tratamento de efluentes líquidos industriais.

O consumo de água na agroindústria pode ser resumido na tabela 4:

Lançamento *in natura*

A matéria orgânica, ao ser lançada

no corpo de água, provoca o consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos presentes devido ao seu crescimento exacerbado pelo excesso de nutrientes. A necessidade de aumentar a massa populacional aumenta também o

metabolismo e o consumo de oxigênio na cadeia respiratória.

Os microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica são também chamados de heterótrofos saprófitas (bactérias, protozoários, fun-

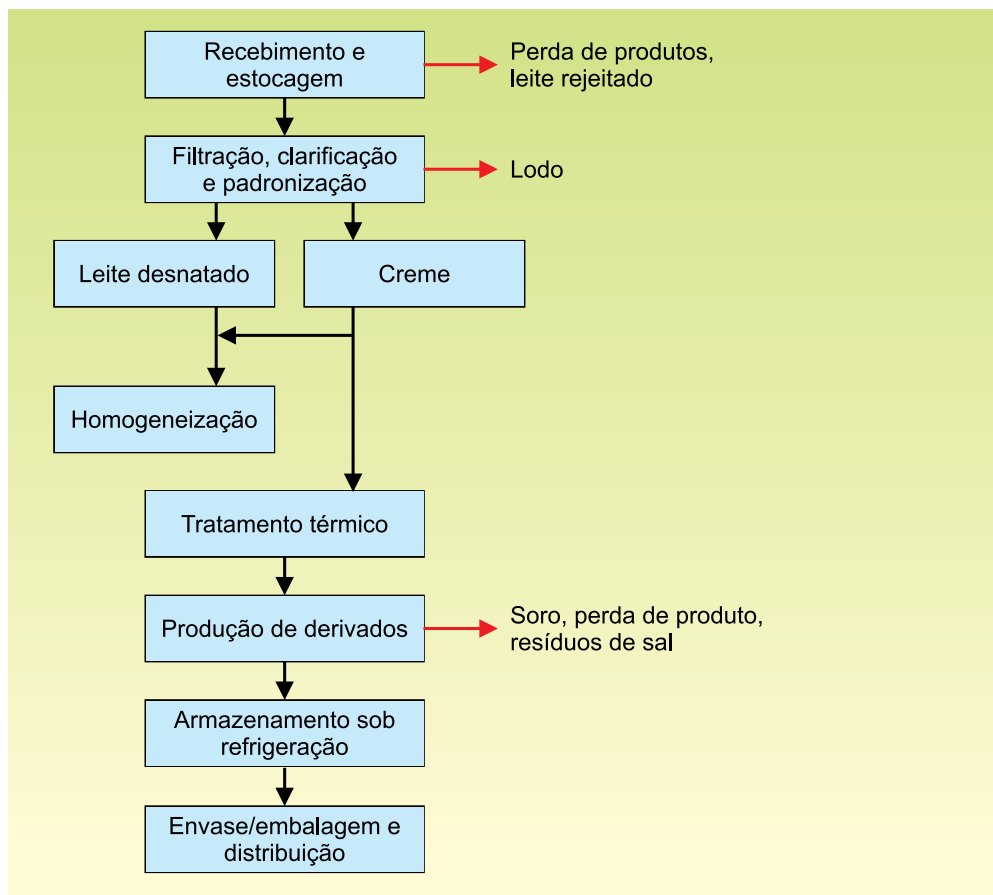


Figura 7 – Fluxograma de laticínio²²

Tabela 4 - Consumo de água nas atividades agroindustriais²⁴.

Setor	Consumo de água
Abatedouro	2500L/cabeça
Curtume	630L/cabeça
Laticínio	4L/Kg de leite
Indústria de processamento	5L/kg salsicha

Tabela 5 – Parâmetros físico-químicos de diversas atividades agroindustriais^{18,20,27,28}

Parâmetro (mg/L)	Abatedouro	Processamento	Graxaria	Laticínio	Curture
DBO	1748	1600-3000	1723	1950	2350
DQO	3800	4200-8500	2207	3190	7250
N TOTAL	89	65-87	493	43	10-17 kg/ton pele
P TOTAL	17	20-30	6,3	6,7	
Óleos e graxas	100-200	100-200	109	263-690	9-18kg/ton pele

gos,...). Eles utilizam a matéria orgânica num processo de decomposição para obtenção de energia e síntese de novas células. Possuem como principais características a decomposição de substâncias complexas (proteínas) em substâncias mais simples (aminoácidos) por ação enzimática exógena; a obtenção de energia basicamente pela oxidação da glicose. Em resumo, se no corpo de água houver disponibilidade de oxigênio, a degradação dar-se-á por via aeróbia, se não, por via anaeróbia. Lembrando que a digestão anaeróbia é um processo mais lento e que normalmente produz mau cheiro pela intensa formação de gases²⁵.

Os parâmetros de monitoramento variam de acordo com as características físicas, químicas e biológicas de cada efluente. Os efluentes da agroindústria são conhecidos pelo alto conteúdo de material orgânico biodegradável associado com águas de lavagem que são ricas em detergentes e sanitizantes. Por isso, as análises mais requisitadas são DBO, DQO, Sólidos Suspensos Totais,

Sólidos Sedimentáveis, ABS, óleos e graxas e pH²⁶.

Quando os efluentes são lançados no meio aquático sem qualquer tipo de tratamento, dependendo da relação entre a vazão e o corpo receptor, geram uma série de prejuízos em relação à qualidade da água. Além do aspecto visual, o mau cheiro e um acentuado declínio dos níveis de oxigênio dissolvido e a produção de gases com sulfeto em sua composição afetam diretamente a vida aquática e possibilitam a contaminação de seres humanos e animais que entram em contato com a água.

A quantidade e a concentração dos despejos de uma determinada indústria variam dentro de amplos limites, dependendo dos processos de fabricação empregados e dos métodos de controle dos despejos²⁶.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é o parâmetro mais usual de medição da poluição orgânica. Esta determinação envolve a medida de oxigênio dissolvido utilizada pelos microrganismos.

mos na oxidação bioquímica da matéria orgânica. No caso dos efluentes da agroindústria, é necessário realizar uma série de diluições para se definir a mais adequada e, desta maneira, permitir que o oxigênio e os nutrientes estejam disponíveis durante toda a incubação. Se a amostra dos efluentes agroindustriais utilizar uma diluição baixa, pode acontecer que o oxigênio seja consumido antes do período previsto, invalidando o teste.

A demanda química de oxigênio (DQO) também é um parâmetro para medir o conteúdo de matéria orgânica das águas residuárias e naturais. Porém, é um teste que superestima o teor de matéria orgânica biodegradável, porque, em sua realização, também há o consumo da matéria orgânica inerte. No entanto, é um teste vantajoso porque a DQO é determinada em apenas três horas e a DBO em cinco dias²⁵.

O nitrogênio é um componente de grande importância em termos da geração e do próprio controle da poluição das águas devido, principalmente, aos seguintes aspectos: o nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento das algas, podendo, por isso, em certas condições, conduzir fenômenos de eutrofização de lagos e represas; ainda, o nitrogênio, nos processos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato (nitrificação), implica o consumo de oxigênio dissolvido no corpo d'água receptor; o nitrogênio na forma da amônia livre é tóxico para os peixes, e na for-

ma de nitrato, está associado a doenças como a meta-hemoglobinemia²⁹.

A determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição ocasionada por lançamento de esgotos a montante. Se esta poluição é recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia e, se antiga, basicamente na de nitrato. Nos efluentes da agroindústria, as formas predominantes são nitrogênio orgânico e amônia²⁹.

Sob denominação de óleos e graxas estão incluídas as gorduras, as graxas, os óleos, tanto os de origem vegetal quanto animal e principalmente dos derivados de petróleo. Essas substâncias, em grandes quantidades, causam problemas nos digestores, pois formam uma densa camada de espuma na superfície, atrapalhando o processo de biodegradação do lodo. Se essas gorduras não são degradadas no digestor anaeróbico e seguem para as unidades de desidratação do lodo, podem também dificultar a operação²⁵.

Por outro lado, nem toda gordura é separada do esgoto nos decantadores primários, grande parte pode ficar na forma de emulsão finamente dividida. Durante o subsequente ataque biológico, nas unidades de tratamento secundário, os agentes emulsificantes são geralmente destruídos²⁵.

Óleos e graxas são indesejáveis esteticamente e interferem na decomposição biológica, principalmente em tratamentos em que a remoção biológica é o

Tabela 6 - Equivalente populacional da agroindústria²⁹

Agroindústria	Unidade de produção	EP de DBO (habitante/unidade dia)
Abatedouro	1 boi/2,5 porcos	10-100
Curtume	1 tonelada de pele	1000-3500
Laticínio com queijaria	1000L leite	100-800
Processamento de carne de boi	1 tonelada processada	20-600

principal meio. Os microrganismos responsáveis pelo tratamento, geralmente, morrem se a concentração de óleos e graxas for superior a 20mg/L²⁵.

Diz-se, então, que cada indústria é um caso distinto e que, entre indústrias do mesmo tipo, existem efluentes diferentes. Pode-se fazer uma equivalência entre carga orgânica (DBO) de despejos orgânicos gerados pela atividade industrial em relação à contribuição normal “per capita” de esgotos domésticos. Esta relação denomina-se população equivalente²⁶.

Equivalente populacional

A quantificação das cargas poluidoras no corpo receptor é fundamental para que se avaliem o impacto ambiental e a eficácia das medidas de controle. Para tanto, são necessários os levantamentos da área em questão, com análises contínuas das amostras de efluentes e dos corpos d’água a montante e a jusante e outros. A quantificação dos poluentes deve ser apresentada em termos de carga.

A vazão de águas residuárias é função precípua do tipo e porte da indústria, processo, grau de reciclagem, ado-

ção de práticas de conservação da água, existência de pré-tratamento, etc. Desta forma, mesmo no caso de duas indústrias que fabriquem essencialmente o mesmo produto, as vazões de despejos podem ser bastante diferentes entre si²⁹.

O equivalente populacional (EP) (Tabela 6) é um parâmetro que traduz a equivalência entre um potencial poluidor de uma indústria e uma determinada população, a qual produz a mesma carga poluidora, em termos de matéria orgânica.

Referências

1. TUNDISI, J.G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: RiMa, IIE, , 2003. 248p.
2. BENITES, V.M.; CORREA, J.C.; MENEZES, J.F.S.; POLLDORO, J.C. *Geração de resíduos nos sistemas de produção de suínos e aves*. In: Fertbio, 2010, Gurapari ES. *Anais da FertBio*, 2010.
3. MATOS, A.T. *Tratamento de resíduos agroindustriais*. In: curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Universidade Federal de Viçosa, 2005.
4. DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I.L. *Manejo de dejetos de suínos*. Boletim Informativo Pesquisa BIPERS, Embrapa Suínos e Aves/Extensão-EMATER-RS, n.11, ano 7, 1998.
5. OLIVEIRA, P.A.V. *Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos*. Documentos. CNPSA-EMBRAPA, n.27, p.1-188, 1993.
6. CAMPOS, A.T. *Análise da viabilidade da reciclagem de dejetos de bovinos com tratamento biológico, em*

- sistema intensivo de produção de leite. 1997. 161p. Tese (doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
7. MTNEZ-ALMEIDA, J.; LUNA, A.M.; BARRERA, J. *O tratamento de efluentes zootécnicos: presente e futuro. Casos práticos.* Gestão de Efluentes Zootécnicos. Departamento de Engenharia de Ambiente da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria. 2004.
 8. VAN HORN, H.H. Recycling manure nutrients to avoid environmental pollution. In: VAN HORN, H.H.; WILCOX, C.J. (Eds.) *Large dairy herd management.* Champaign: American Dairy Science Association, 1992. p.640-54.
 9. GARCIA-VAQUEIRO, E. *Projeto e construção de alojamento para animais.* 2ed. Lisboa: Litexa Portugal, 1981. 237p.
 10. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *ASAE D384: Manure production and characteristics.* Agric. Eng. Yearb. Stand. 1983. p.436.
 11. MWPS-18. *Livestock Waste Facilities Handbook.* 2nd Edition. University of Missouri Extension. Ames, Iowa. 1985. 112p.
 12. BATH, D.L.; DICKINSON, F.N.; TUCKER, H.A.; APPLEMAN, R.D. *Dairy cattle: principles, practices, problems, profits.* 3 ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1985. 473 p.
 13. HERMETO BUENO, C.F. Produção e manejo de esterco. *Informe Agropecuário*, v.12, n.135/136, p.81-5, 1986.
 14. GEISSMAN, T.A. *Princípios de química orgânica.* 2.ed. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 1974. 856p.
 15. MORSE, D. Production and characteristics of manure from lactating dairy cows in florida. *Trans. ASAE*, v.37, n.1, p.275-9, 1994.
 16. ENSMINGER, M.E.; OLDFIELD, J.E.; HEINEMANN, W.W. Feed analyses, feed evaluation. In: *Feed & Nutrition.* 2.ed. Clovis: The Ensminger Publishing Company. p.553-574, 1990.
 17. IBGE Pesquisas Trimestrais do Abate de Animais, do Leite, do Couro e da Produção de Ovos de Galinha. Acesso em 30/09/2011. Disponível em: www.ibge.gov.br
 18. PACHECO, J.W.; YAMANAKA, H.T. *Guia técnico ambiental de abate de bovinos e suínos.* Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), São Paulo. 2006.
 19. SALMINEN, E.; RINTALA, J. Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste - a review. *Bioresource Technology*, v.83, n.1, p.13-26, 2002.
 20. JOHNS, M.R. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review. *Bioresource Technology*, v.54, p.203-216, 1995.
 21. TORKIAN, A.; EQBALI, A.; HASHEMIAN, S.J. The effect of organic loading rate on the performance of UASB reactor treating slaughterhouse effluent. *Resources, Conservation and Recycling*, p.1-13, 2003.
 22. MAGANHA, M. *Guia Técnico Ambiental da Indústria de Produtos Lácteos.* Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), São Paulo, Brasil. 2006.
 23. TAWFIK, A.; SOBHEY, M.; BADAWY, M. Treatment of a combined dairy and domestic wastewater in an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor followed by activated sludge (AS system). *Desalination*, v.227, n.167. 2008.
 24. CHERNICHARO, C.A.L.; VAN HAANDEL, A.C.; CAVALCANTI, P.F.F. *Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbico e disposição controlada no solo.* ABES/FINEP/PROSAB, Rio de Janeiro, Brasil. 1999. 436p.
 25. NUVOLARI, A. *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.* Edgard Blucher: São Paulo, 2003. 520p.
 26. BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. *Manual de tratamento de águas residuárias.* Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), São Paulo. 1993.
 27. MIDWEST PLAN SERVICE. *Dairy housing and equipment handbook.* 14.ed. Ames Iowa: Iowa State University (MWPS-7). p.1-15. 1985.
 28. MIDWEST Plan Service. *Livestock waste handling facilities.* Ames Iowa: Iowa State University (MWPS, 18). p.1-45. 1974.
 29. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.* Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. V.1. Belo Horizonte: DESA – UFMG. 2005. 452p.

Tratamento de águas residuárias de sistemas de produção animal

Luciano dos Santos Rodrigues, Israel José da Silva

Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, MG

*Autor para correspondência

E-mail: lsantosrodrigues@gmail.com

bigstockphoto.com

Para a concepção e o dimensionamento de sistemas de tratamento de águas residuárias agropecuárias e agroindustriais ou de qualquer outra água residuária, devem-se definir, primeiramente, o objetivo do tratamento, o nível do tratamento que se quer alcançar e a destinação do efluente tratado. Caso se pretenda lançar o efluente em corpo receptor, o sistema deve ser planejado de forma que se atenda

Para o dimensionamento de sistemas de tratamento de águas residuárias agropecuárias e agroindustriais ou de qualquer outra água residuária, devem-se definir, primeiramente, o objetivo do tratamento, o nível do tratamento que se quer alcançar e a destinação do efluente tratado.

a legislação ambiental, cuja exigência é de que ou o efluente atinja o padrão de lançamento (DBO - demanda bioquímica de oxigênio - de 60mg/L) ou o sistema tenha eficiência de 85% na remoção de DBO e o lançamento do efluente tratado não venha a alterar a classe de enquadramento dos cursos d'água¹.

O tratamento de águas residuárias é realizado por meio de operações físicas unitárias e processos químicos

e biológicos, que são agrupados de forma a compor o sistema, cujo nível de tratamento dependerá do conjunto adotado.

As operações físicas unitárias são métodos de tratamento nos quais predomina a aplicação de processos físicos, como gradeamento, mistura, sedimentação, flotação e filtração.

Os processos químicos são métodos de tratamento em que a remoção ou conversão dos poluentes se faz pela adição de produtos químicos ou outras reações químicas, como desinfecção, precipitação e adsorção.

Os processos biológicos dependem das condições em que se realiza a atividade biológica para remoção de poluentes, como processo de estabilização da matéria orgânica, no qual os microrganismos se alimentam convertendo a matéria orgânica em gases, água e outros compostos inertes, além de tecido celular biológico que se sedimenta, formando o lodo.

Níveis de tratamento

O tratamento de águas residuárias pode ser classificado em preliminar, primário, secundário e terciário (apenas eventualmente inserido em sistemas de tratamento).

O tratamento de águas residuárias pode ser classificado em preliminar, primário, secundário e terciário

Preliminar

O tratamento preliminar constitui uma etapa inicial de tratamento das águas residuárias, com o qual se visa

à remoção de sólidos grosseiros, óleos e graxas. Com este fim, têm sido usados crivos, grades, telas e peneiras, desarenadores ou caixas de areia e caixas de gordura.

As principais finalidades da remoção dos sólidos grosseiros são proteger os dispositivos de transporte das águas residuárias (bombas e tubulações) e das unidades de tratamento subsequente ou, caso seja a única etapa de tratamento, minimizar impactos em corpos receptores. A remoção de óleos e gordura justifica-se por evitar a formação de incrustações nas tubulações e estruturas,

além de facilitar o tratamento subsequente da água residuária.

O gradeamento é de fundamental importância na remoção de partículas sólidas grosseiras das águas residuárias, sendo necessário no tratamento preliminar de águas residuárias de abatedouros de animais. A grade deverá ser inserida em um canal concretado e ser instalada numa inclinação de 45° com a horizontal, a fim de facilitar sua limpeza.

O espaçamento entre as barras da grade vai depender do diâmetro de partículas que se quer remover.

Tratamento preliminar: remoção de sólidos grosseiros, óleos e graxas

A remoção da areia porventura contida nas águas residuárias é feita por meio de unidades especiais denominadas desarenadores. O mecanismo de remoção da areia é simplesmente o de sedimentação: as partículas de areia, por apresentarem maior massa específica do que a água e tamanho superior a 0,2mm, deverão sedimentar-se no reservatório do desarenador, ficando retidas. É uma etapa importante no tratamento de águas residuárias de confinamentos animais e de algumas agroindústrias.

Além das unidades de remoção dos sólidos grosseiros, pode ser incluída, também, uma unidade para a medição da vazão. Têm sido utilizadas, com este fim, calhas Parshall e vertedores (retangulares ou triangulares).

Primário

O tratamento primário é, também, uma etapa de tratamento parcial, podendo ser intermediário em sistema de tratamento mais completo ou final, no caso de disposição da água residuária no solo. As águas residuárias, após passarem pelas unidades de tratamento preliminar, podem conter, ainda, grande quantidade de sólidos em suspensão não grosseiros, os quais podem ser parcialmente removidos em unidades de decantação. Uma parte significativa desses

Após o tratamento primário, que é parcial, as águas ainda contém grande quantidade de sólidos em suspensão, que podem ser parcialmente removidos em unidades de decantação.

sólidos em suspensão é compreendida pelo material orgânico em suspensão. Assim, a sua remoção por processos simples, como a decantação, implica na redução da carga de DBO dirigida ao tratamento secundário, facilitando a remoção deste parâmetro na unidade secundária.

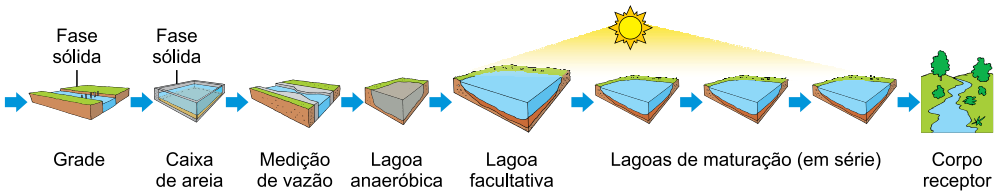
No tratamento primário, tem-se por objetivo a remoção de sólidos em suspensão e que são passíveis de sedimentação, além de sólidos flutuantes. Para que isso seja possível, podem ser utilizados diversos tipos de decantadores primários.

Nos decantadores, as águas residuárias fluem vagarosamente, de forma a permitir que os sólidos em suspensão, de maior massa específica que o líquido em tratamento, possam sedimentar-se, gradualmente, no fundo do tanque. Essa massa de sólidos é denominada lodo primário.

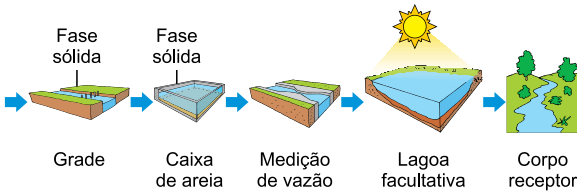
Os materiais flutuantes, como graxas e óleos, os quais têm uma menor massa específica que o líquido em tratamento e não foram removidos na caixa de gordura, sobem para a superfície dos decantadores, onde são coletados e removidos do tanque, devendo ser conduzidos para receberem tratamento posterior (digestão ou secagem em leitos de secagem).

As fossas sépticas e suas variantes, como

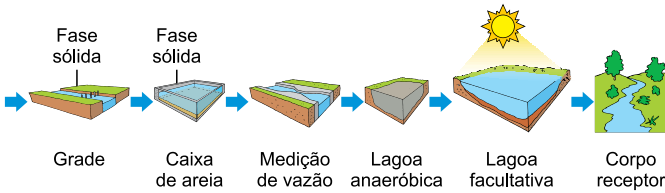
Lagoa anaeróbica - Lagoa facultativa - Lagoas de maturação



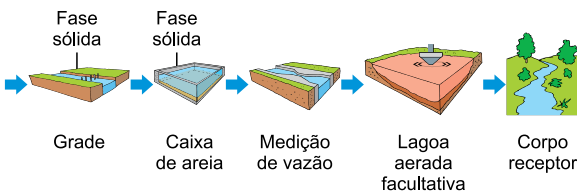
Lagoa facultativa



Lagoa anaeróbica - Lagoa facultativa



Lagoa aerada facultativa



Lagoa aerada de mistura completa - Lagoa de decantação

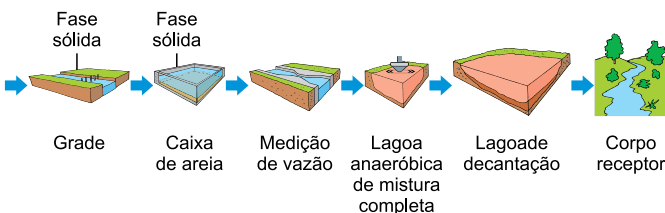


Figura 7 – Variantes do sistema de lagoas de estabilização²

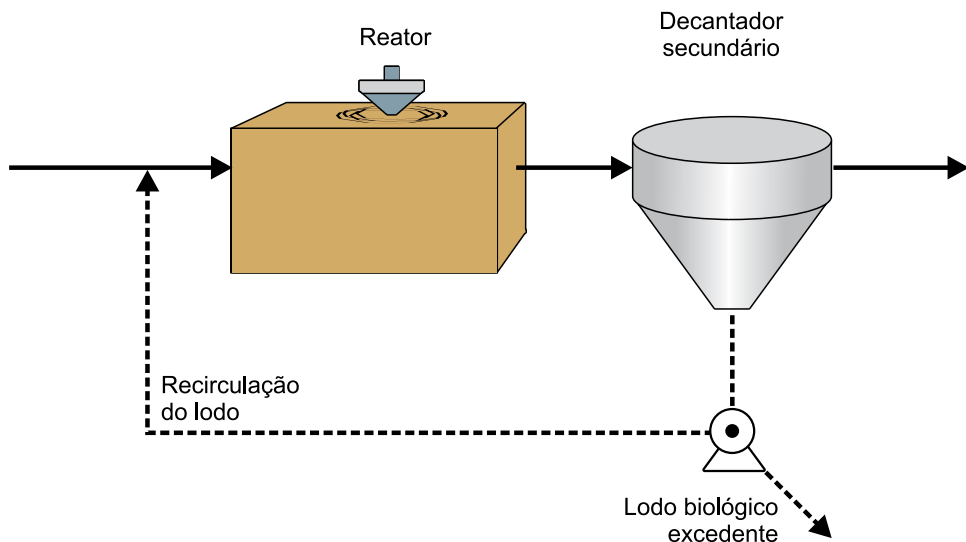


Figura 8 – Esquema e funcionamento do sistema de lodos ativados²

os tanques Imhoff, são também formas de tratamento de águas residuárias consideradas de nível primário. Essas unidades de tratamento são basicamente constituídas de um tanque de sedimentação dimensionado para remoção de sólidos sedimentáveis. O material retido permanece no fundo do tanque, em condições anaeróbias, e estabiliza-se após alguns meses.



Figura 9 – Filtro biológico percolador²

Secundário

Em razão de apresentarem elevadas concentrações de material orgânico biodegradável, as águas residuárias

agropecuárias e as agroindustriais apresentam maior aptidão para o tratamento biológico.

No tratamento secundário, visa-se à

remoção de parte significativa do material orgânico em suspensão fina (DBO em suspensão), não removida no tratamento primário, e de parte do material orgânico na forma de sólidos dissolvidos (DBO solúvel). Para cumprir estes objetivos, são utilizados diversos sistemas de tratamento biológico, destacando-se: lagoas de estabilização, reatores anaeróbios, lodos ativados, filtros biológicos e disposição controlada no solo.

Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização constituem um processo de tratamento de esgoto que aproveita fenômenos naturais, sendo mais indicadas para regiões de clima tropical. Neste sistema, a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica e/ou redução fotossintética das algas.

As lagoas de estabilização apresentam excelente eficiência de tratamento. A matéria orgânica dissolvida no efluente das lagoas é bastante estável, e a DBO geralmente se encontra numa faixa de 30 a 50mg/L; nas lagoas facultativas (havendo uma separação de algas), esta concentração pode reduzir-se para 15 a 30mg/L.

Atualmente se aceita que as lagoas devem cumprir dois objetivos principais: a proteção ambiental e, neste caso, têm em vista principalmente a remoção da DBO ou da DQO (demanda química de oxigênio); e a proteção da saúde pública, visando à re-

moção de organismos patogênicos.

De acordo com a forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica, as lagoas costumam ser classificadas em:

1. **Lagoas anaeróbias:** onde predominam processos de fermentação anaeróbia; imediatamente abaixo da superfície, não existe oxigênio dissolvido. Na verdade, tudo se passa como num digestor anaeróbio ou numa fossa séptica. Ocupam áreas menores que as lagoas facultativas, mas têm eficiência mais baixa na remoção de DBO. A profundidade fica em torno de 2,0 a 5,0 metros.
2. **Lagoas facultativas:** onde ocorrem, de forma simultânea, processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética. Há predominância de decomposição anaeróbia devido ao depósito de lodo no fundo. A zona aeróbia situa-se na parte superior, e na zona intermediária encontra-se a camada facultativa. Sua profundidade varia normalmente entre 1,0 e 2,0 metros.
3. **Lagoas aeradas:** é uma modalidade do processo de tratamento por lagoas onde o suprimento de oxigênio é realizado artificialmente, por dispositivos eletromecânicos, com a finalidade de manter uma concentração de oxigênio dissolvido em toda ou quase toda parte da massa líquida, garantindo as reações bio-

químicas que caracterizam o processo. Devido ao menor tempo de detenção proporcionado pela aeração artificial, a área ocupada chega a ser até cinco vezes menor que as lagoas facultativas. O lodo biológico que sai juntamente com o efluente das lagoas aeradas precisa ser retido antes do lançamento no corpo receptor, utilizando-se para isso uma lagoa de sedimentação de lodo. Esta segunda unidade tem por objetivo a retenção e a digestão do lodo efluente da lagoa aerada.

4. **Lagoas de maturação:** são unidades dispostas após a lagoa facultativa, com o objetivo, principalmente, de aumentarem a remoção de organismos patogênicos, por meio da ação dos raios ultravioletas do sol. Também reduzem sólidos em suspensão, nutrientes e uma parcela de DBO. Algumas estações de tratamento contam com várias lagoas de maturação, dispostas em série após a lagoa facultativa. Com adequado dimensionamento, podem ser conseguidas remoções de coliformes maiores que 99,99%.

As condições de projeto, operação e manutenção das lagoas de estabilização devem ser conduzidas de forma criteriosa, pois, caso deixe de existir o equilíbrio entre as condições locais e as cargas poluidoras, os inconvenientes dos processos aparecerão: exalação de mau cheiro, estética desfavorável, DBO

efluente elevada, coliformes fecais em excesso, mosquitos, etc.

Como as lagoas abrangem normalmente áreas extensas, as consequências do mau funcionamento podem atingir grandes comunidades, principalmente em relação ao mau cheiro. Isto seria péssimo, pois comprometeria o processo de tratamento de esgotos sanitários por lagoas perante a opinião pública.

Lodos ativados

Trata-se de um processo de tratamento em que a remoção de poluentes se faz pela formação e sedimentação de flocos biológicos (lodo ativado). A matéria orgânica é removida por bactérias que crescem dispersas em um tanque (tanque de aeração). A biomassa (bactérias) do tanque de aeração sedimenta-se em um decantador a jusante (decantador secundário), permitindo que o efluente saia clarificado para o corpo receptor. O lodo que se sedimenta no fundo do decantador secundário retorna, por bombeamento, ao tanque de aeração, aumentando a eficiência do sistema. O fornecimento de oxigênio é realizado, artificialmente, por aeradores mecânicos superficiais ou tubulações de ar no fundo do tanque. Algumas variantes do processo requerem ou não decantadores primários. Alguns sistemas de lodos ativados operam continuamente, enquanto outros operam de forma intermitente. Os sistemas de lodos ativa-

dos requerem reduzidas áreas para sua implantação.

Filtros biológicos

Os filtros biológicos são tanques preenchidos com material suporte altamente permeável (pedras, material plástico), no qual ocorre alimentação e percolação contínua de esgoto, o que promove o crescimento e a aderência da massa biológica na superfície do meio suporte. Esta aderência é favorecida pela predominância de colônias gelatinosas (“zoogleia”), mantendo suficiente período de contato da biomassa com o esgoto³.

As condições necessárias à reação bioquímica aeróbia exigem ampla ventilação através dos interstícios, suficiente para manter o suprimento de oxigênio. Nas condições favoráveis ao processo, a biomassa agregada ao meio suporte retém a matéria orgânica contida no esgoto, por meio do fenômeno de adsorção. A síntese de novas células promove o aumento da biomassa, diminuindo o espaço para passagem do oxigênio até as

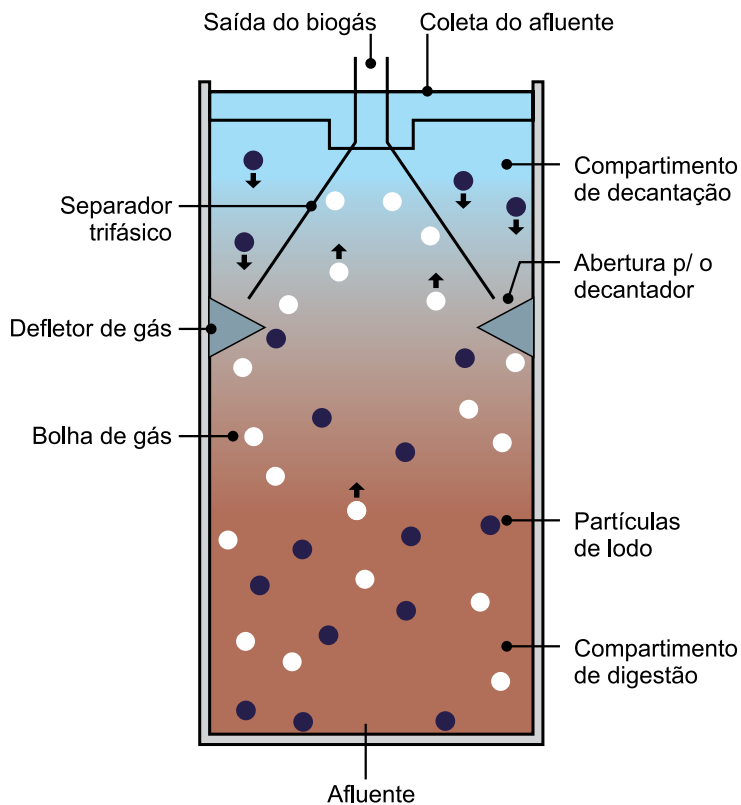


Figura 10 – Esquema de funcionamento de um reator anaeróbio UASB⁸

camadas internas, onde o processo de oxidação se realiza de forma anaeróbia³.

As condições favoráveis à adsorção da matéria orgânica pelos microrganismos aeróbios e anaeróbios, bem como a preservação de um ambiente úmido e ventilado, garantem a oxidação dos compostos, gerando como subprodutos CO_2 , HNO_3 , H_2SO_4 . Algumas variantes dos filtros biológicos, como o líquido efluente do decantador secundário, são recirculadas para os filtros.

Reatores anaeróbios

A importância da digestão anaeró-



Figura 11 – Biodigestor de vinil

bia no tratamento de resíduos orgânicos cresceu de forma acentuada nos últimos anos, devido às inúmeras vantagens quando comparada com os sistemas aeróbios. O processo anaeróbio pode ser considerado como um sistema biológico que ocorre na ausência de oxigênio livre, em que diversos grupos de microrganismos anaeróbios promovem a conversão de compostos orgânicos complexos (carboidratos, proteínas, lipídeos) em produtos mais simples (gás carbônico, gás sulfídrico, metano e compostos reduzidos)⁴.

Entre os diversos tipos de reatores anaeróbios empregados no tratamen-

to de efluentes líquidos agropecuários, destacam-se os biodigestores, os reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB) e os filtros anaeróbios.

O reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) foi desenvolvido na década de 70 por Gatzke Lettinga, da Universidade Wageningen, Holanda⁵.

O reator UASB tem sido amplamente estudado devido à sua vantagem de combinar construção e operação simplificada com capacidade de acomodar altas cargas orgânicas e hidráulicas⁶. A configuração de um UASB é baseada no regime hidráulico de fluxo ascen-

dente e na incorporação de um dispositivo interno de separação sólido/gás/líquido, dispensando o uso de um meio suporte para crescimento da biomassa. Isto favorece o desenvolvimento e a retenção de uma biomassa concentrada e altamente ativa na zona de reação, na forma de flocos densos ou lodo granulado. Consequentemente, o reator opera com tempos de retenção celular (TRC) muito altos, mesmo quando submetido a tempos, de detenção hidráulica (TDH) muito baixos. Portanto, devido ao fato de a estabilidade e o bom desempenho dos reatores anaeróbios estarem associados a altos valores de TRC, essas características podem ser constatadas na maior parte dos reatores UASB tratando uma grande variedade de águas residuárias⁷.

O processo de funcionamento do reator UASB consiste em se ter um fluxo ascendente de águas residuárias através de um leito de lodo denso de elevada atividade. O perfil de sólidos no reator varia de muito denso e com partículas granulares de elevada capacidade de sedimentação, próximas ao fundo (leito de lodo), até um lodo mais disperso e leve, próximo ao topo do reator (manta de lodo)⁸.

A estabilização da matéria orgâni-

ca ocorre em todas as zonas de reação, sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascensional das águas residuárias e das bolhas de gás. As águas residuárias entram pelo fundo do reator, e o efluente deixa o reator por meio de um decantador interno localizado na parte superior do reator. Um dispositivo de separação de gases e sólidos localizado abaixo do decantador garante as condições ótimas de sedimentação das partículas que se desgarram da manta de lodo, permitindo que estas retornem à câmara de digestão, ao invés de serem arrastadas para fora do sistema. Embora parte das partículas mais leves se perca juntamente com o efluente, o tempo médio de residência de sólidos no reator é mantido suficientemente elevado para manter o crescimento de uma massa densa de microrganismos formadores de metano, apesar do reduzido tempo de detenção hidráulica⁸.

O reator UASB é capaz de suportar altas taxas de carga orgânica, e as duas grandes diferenças em comparação com outros reatores é a simplicidade construtiva e os baixos custos operacionais. Os princípios mais importantes que governam a operação de um reator UASB são os seguintes⁴:

As características do fluxo ascen-

dente devem assegurar o máximo contato entre a biomassa e o substrato.

Os curtos circuitos devem ser evitados, de forma que se garanta tempo suficiente para degradação da matéria orgânica.

O sistema deve ter um dispositivo de separação de fases bem projetado, capaz de separar de forma adequada o biogás, o líquido e os sólidos, liberando os dois primeiros e permitindo a retenção do último.

O lodo na região da manta deve ser bem adaptado, com alta atividade metanogênica específica (AME) e excelente sedimentabilidade. Em relação à sedimentabilidade, o lodo granulado apresenta características bem melhores que a do lodo floculento.

Biodigestores

O emprego da biodigestão anaeróbia no tratamento de efluentes orgânicos utilizando-se os biodigestores é conhecido há muito tempo. Diversos modelos de biodigestores têm sido desenvolvidos e adaptados para aumentar a eficiência desses sistemas⁹. Porém, o sistema tem enfrentado limitações, principalmente no que diz respeito ao controle operacional, acarretando perda de eficiência do biodigestor¹⁰.

Os modelos de biodigestores que foram difundidos no Brasil, nas décadas de 70 e 80, eram moldados nos modelos indianos e chineses de campânula móvel e fixa, respectivamente. Estes modelos eram construídos em alvenaria e dimensionados para atender demandas médias de 2 a 4m³ de efluentes diários, com capacidade entre 20 a 40m³.

Os biodigestores atuais, para atenderem a política dos créditos de carbono, são elaborados com campânula de lona de polietileno de 1000m e geralmente aproveitam a produção de gás liberado por uma lagoa em condições de anaerobiose. Os detalhes de construção vão favorecer ou não uma melhor descarga e recarga destes reatores.

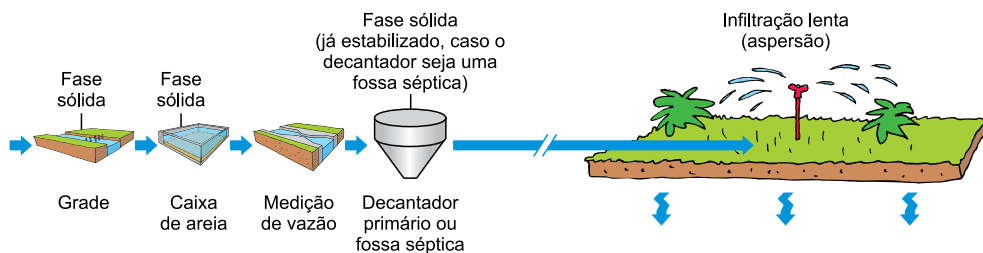
O biogás é resultante da fermentação anaeróbica de dejeções animais, restos vegetais e lixo industrial e residencial. Este gás é constituído de metano (CH₄) 60-80%, CO₂, 20-40% e H₂S até 1,5%. Quanto maior o teor de CH₄, mais puro é o gás.

Disposição controlada no solo

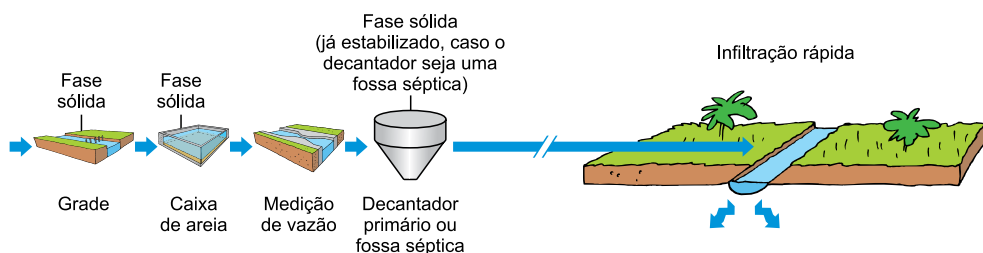
A aplicação de esgotos no solo pode ser considerada uma forma de disposição final, tratamento ou ambas. Os esgotos aplicados no solo conduzem à recarga do lençol subterrâneo e/ou à evapotranspiração. O esgoto supre as necessidades das plantas tanto em ter-

SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO NO SOLO

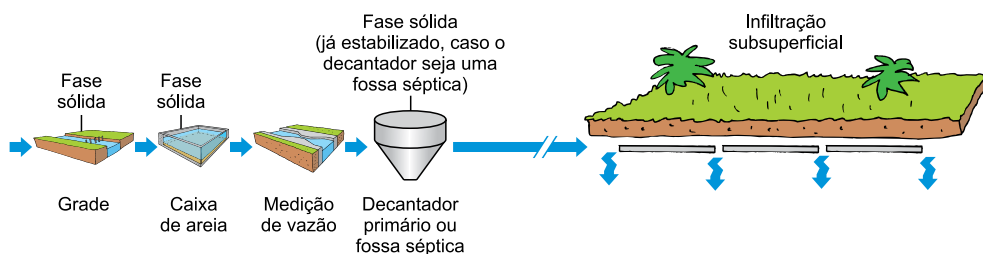
Infiltração lenta



Infiltração rápida



Infiltração subsuperficial



Escoamento superficial

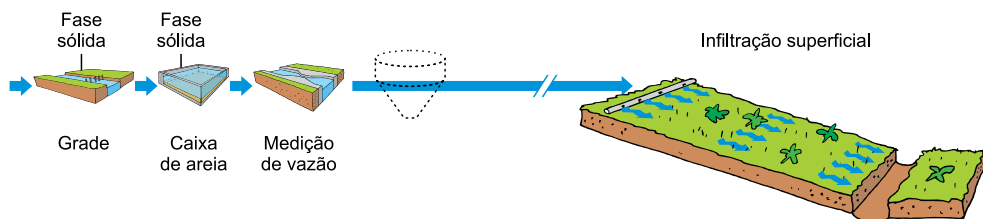


Figura 12 – Esquema de funcionamento das diversas modalidades de sistema de disposição no solo²

mos de água quanto de nutrientes^{2,11}.

O poluente no solo tem, basicamente, quatro possíveis destinos:

1. Retenção na matriz do solo.
2. Retenção pelas plantas.
3. Aparecimento na água subterrânea.
4. Coleta por drenos subsuperficiais.

Vários mecanismos, de ordem física (sedimentação, filtração, radiação, volatilização, desidratação), química (oxidação e reações químicas, precipitação, adsorção, troca iônica e complexação) e biológica (biodegradação e predação) atuam na remoção dos poluentes no solo.

As principais variantes da disposição do solo são: i. infiltração lenta; ii. infiltração rápida; iii. infiltração subsuperficial; iv. escoamento superficial; e v. terras úmidas construídas.

Infiltração lenta

Os esgotos são aplicados ao solo, fornecendo água e nutrientes às plantas, sendo que parte do líquido é evaporada, outra parte percola, e a maior parte é absorvida pela planta.

Infiltração rápida

Os esgotos são dispostos em bacias rasas, nas quais os esgotos percolam

pelo solo até encontrarem o lençol subterrâneo, ou pela recuperação por meio de drenos ou poços freáticos.

Infiltração subsuperficial

O esgoto pré-decantado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preenchidos com um meio poroso, no qual ocorre tratamento. Os tipos mais comuns são as valas de infiltração e os sumidouros.

Escoamento superficial

Os esgotos são distribuídos na parte superior dos terrenos com certa declividade, por meio dos quais escoam, até serem coletados por valas na parte inferior.

Terras úmidas construídas

São sistemas constituídos de lagoas ou canais rasos que abrigam plantas aquáticas. O sistema pode ser fluxo superficial (nível da água acima do nível do solo) ou subsuperficial (nível da água abaixo do nível do solo). Mecanismos biológicos, químicos e físicos no sistema raiz-solo atuam no tratamento de esgotos.

Referências

1. MATOS, A.T. *Tratamento de resíduos agroindustriais*. In: *curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais*. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 34p.
2. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. V.1. Belo Horizonte: DESA – UFMG. 2005. 452p.
3. JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. *Tratamento de esgotos domésticos*. ABES, 3ª edição, Rio de Janeiro, 1995. 932p.
4. FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; Van HAANDEL, A. et al. Fundamentos do tratamento anaeróbio. IN: CAMPOS, Jr. (Coord.). *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. Rio de Janeiro: ABES, p.29-52, 1999.
5. VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. *Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente*. EPGRAF, Campina Grande, 1994, 208 p.
6. LETTINGA G.; Van VELSEN, A.F.M.; HOBMA, S.W. et al. Use of the upflow sludge blanket (USB) concept for biological wastewater treatment, especially anaerobic treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, v.22, n.4, 699-734, 1980.
7. FORESTI, E.; OLIVEIRA, R.A. *Anaerobic treatment of piggery wastewater in UASB reactors*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND FOOD PROCESSING WASTES, 7th, June 18-20, 1995, Chicago-USA. *Proceedings*, Chicago: ASAE, 1995. p. 309-318.
8. CHERNICHARO, C.A.L. *Reatores anaeróbios*. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.5. 2.ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p.
9. KUNZ, A.; OLIVEIRA, P.A.; HIGARASHI, M.M.; SANGOI, V. Recomendações técnicas para uso de esterqueiras para a armazenagem de dejetos de suínos. *Comunicado Técnico*, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, n.361, 1-4, 2004.
10. HIGARASHI, M.M.; KUNZ, A.; OLIVEIRA, P.A. Redução da carga poluente: sistemas de tratamento. In: SEGANFREDO, M.O. (Org.). *Gestão ambiental na suinocultura*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.120-148.
11. COURACCI FILHO, B.; CHERNICHARO, C.A.L.; ANDRADE NETO, C.O.; NOUR, E.A. Bases conceituais da disposição controlada de águas residuárias no solo. In: Campos, J.R. (ed.) *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. ABES/PROSAB, Rio de Janeiro, 1999. 435p.