

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Fundação Estadual do Meio Ambiente
Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento
Gerência de Produção Sustentável



AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS AMBIENTAIS DO CULTIVO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA MANDIOCA NO ESTADO DE MINAS GERAIS



Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Fundação Estadual do Meio Ambiente
Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento
Gerência de Produção Sustentável

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS AMBIENTAIS DO CULTIVO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA MANDIOCA NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Relatório Final

FEAM-DPED-GROD - RT 04/2011

**Belo Horizonte
2011**

**© 2011 Fundação Estadual do Meio Ambiente
Governo do Estado de Minas Gerais**

Antonio Augusto Junho Anastasia

Governador

Sistema Estadual do Meio Ambiente – Sisema

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável -

Semad

Adriano Magalhães Chaves

Secretário

Fundação Estadual do Meio Ambiente - Feam

José Cláudio Junqueira

Presidente

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento

Laura Maria Jacques Leroy - Diretora

Gerência de Produção Sustentável

Liliana Adriana Nappi Mateus - Gerente

Elaboração:

Helder Antônio de Aquino Gariglio

Colaboração:

Antonio Teixeira de Matos – Professor Associado DEA/UFV

Érick Figueiredo Dias – Bolsista UFV/FAPEMIG

Magno Dos Santos Pereira – Bolsista UFV/FAPEMIG

Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa

Capa:

Jaqueline Angelica Batista

Ficha catalográfica elaborada pelo Núcleo de Documentação Ambiental

F981a	Fundação Estadual do Meio Ambiente Avaliação dos aspectos ambientais do cultivo e industrialização da mandioca: relatório final/ Gerência de Produção Sustentável. --- Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2011. 99p. : Il 1. Mandioca – cultivo. 2. Mandioca – indústria. 3. Meio ambiente I. Título CDU: 633.493:504.064
-------	---

Rodovia Prefeito Américo Gianetti s/nº - Serra Verde - Belo Horizonte/MG

CEP: - 31.630-900 (31) 3915-1465

www.meioambiente.mg.gov.br

APRESENTAÇÃO

A mandioca é uma planta originária da América do Sul, sendo que a sua cultura e processamento antecedem à chegada do europeu ao Continente.

Atualmente, é cultivada em mais de 80 países, sendo considerada a principal fonte de carboidratos para um número de pessoas entre 600 e 700 milhões no mundo, segundo estimativas da Embrapa, além de servir como matéria-prima para mais de mil segmentos como a indústria alimentícia, de plásticos, papel, siderurgia e extração de petróleo.

Qualquer que seja o produto dele obtido, farinha ou fécula, o processamento da mandioca é uma atividade que gera uma carga poluidora considerável, com destaque para os efluentes líquidos *manipueira* e *água vegetal*, devido aos volumes significativos, concentração de carga orgânica e, principalmente, presença de cianeto.

Em que pese tais fatos, no Estado de Minas Gerais, sob o ponto de vista ambiental, os critérios de classificação para esta atividade, para fins de instrução de processo administrativo de regularização, se limitam ao número de empregados e área construída, uma vez que a atividade está inserida em um código geral da DN COPAM Nº 74/2004, o que, de certa forma, dificulta o conhecimento quanto à real situação da atividade no Estado, bem como em relação ao impacto ambiental a ela associado.

Assim, neste trabalho, buscou-se, mediante visitas a empreendimentos do setor, pesquisas em publicações de instituições públicas e privadas, juntamente com a realização de análises laboratoriais de efluentes líquidos e amostras de solos, traçar um perfil da atividade, bem como do seu potencial poluidor, formando a base técnica necessária à elaboração de uma proposta de minuta de Deliberação Normativa para enquadramento da atividade em um código específico da DN 74/2004.

Espera-se que os resultados obtidos possam contribuir para a melhoria do acompanhamento do setor pelos órgãos que compõem o SISEMA, principalmente no que tange à elaboração de um plano de ação, com ênfase no licenciamento e integração com outras instituições, como EMATER, SEAPA, EPAMIG e Universidades, uma vez que o conhecimento da realidade atual é uma importante ferramenta não somente restrita à avaliação da viabilidade de novos projetos, como também de gerenciamento das demandas existentes pelos empreendimentos já implantados.

José Cláudio Junqueira Ribeiro
Presidente da Fundação Estadual do Meio Ambiente

Lista de tabelas

TABELA 1. 1 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE MANDIOCA 2009.	3
TABELA 1. 2 - PRODUÇÃO DE MANDIOCA POR REGIÃO DO BRASIL.	5
TABELA 1. 3 - PRODUÇÃO DE MANDIOCA NOS ESTADOS BRASILEIROS EM 2011.....	5
TABELA 1. 4 - PRODUÇÃO DE MANDIOCA NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2010.	6
TABELA 1. 5 - MAIORES PRODUTORES DE MANDIOCA EM MINAS GERAIS NA SAFRA 2010.	6
TABELA 4. 1 - NÚMERO DE ESTABELECIMENTOS	25
TABELA 4. 2 - INFORMAÇÕES INDUSTRIAIS SOBRE OS EMPREENDIMENTOS VISITADOS NO ANO DE 2010.	30
TABELA 5. 1 - CARACTERIZAÇÃO DA MANIPUEIRA GERADA PELO PROCESSAMENTO DO AMIDO DE MANDIOCA.	43
TABELA 5. 2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA VEGETAL, (VALORES MÉDIOS).	45
TABELA 5. 3 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM (VALORES MÉDIOS).	46
TABELA 5. 4 - MASSA DE MANDIOCA – EMPRESA 4.	50
TABELA 6. 1 - CONCENTRAÇÃO DE DBO E DQO NAS ÁGUAS DE LAVAGEM.	52
TABELA 6. 2 - CONCENTRAÇÃO DE DBO E DQO NA ÁGUA VEGETAL.....	52
TABELA 6. 3 - VALOR DO PH EM ÁGUAS DE LAVAGEM.....	53
TABELA 6. 4 - VALOR DO PH NA ÁGUA VEGETAL.	53
TABELA 6. 5 - LIMITES/CIANETO TOTAL/DESCARTE DE EFLUENTES.	56
TABELA 6. 6 - CONCENTRAÇÃO DE CIANETO EM AMOSTRAS DE ÁGUAS DE LAVAGEM.....	56
TABELA 6. 7 - CONCENTRAÇÃO DE CIANETO EM AMOSTRAS DE ÁGUA VEGETAL E MANIPUEIRA.....	56
TABELA 6. 8 - ÍNDICES PARA CLASSIFICAÇÃO DA CTC.....	57
TABELA 6. 9 - ÍNDICES DE POTÁSSIO TROCÁVEL NO SOLO.....	57
TABELA 6. 10 - AMOSTRAGEM DE SOLOS – VALA DE INFILTRAÇÃO – EMPRESA 13 (NOVEMBRO/2009).....	58
TABELA 6. 11 - AMOSTRAGEM, DE SOLOS – FERTIRRIGAÇÃO – EMPRESA 13 (ABRIL/2010).	58
TABELA 6. 12 - SOLOS – EMPRESA 25 (NOVEMBRO/2009).	59
TABELA 6. 13 - SOLOS – EMPRESA 25 (ABRIL/2010).....	59
TABELA 6. 14 - SOLOS – EMPRESA 4 (JULHO/2010).....	59
TABELA 6. 15 - SOLOS – EMPRESA 13 – CIANETO.....	60
TABELA 6. 16 - AMOSTRAGEM DE SOLOS – EMPRESA 25 - CIANETO.....	61
TABELA 6. 17 - SOLOS – EMPRESA 4 - CIANETO	61
TABELA A - 1 - EMPRESA 04 – ÁGUAS DE LAVAGEM.....	86
TABELA A - 2 - EMPRESA 04 – ÁGUA VEGETAL.....	86
TABELA A - 3 - EMPRESA 13- CONCEIÇÃO DOS OUROS - LAVAGEM + ÁGUA VEGETAL DA CENTRÍFUGA.....	87
TABELA A - 4 - EMPRESA 13 - ÁGUA VEGETAL DECANTADA.	87
TABELA A - 5 - EMPRESA 25 – CACHOEIRA DE MINAS - LAVAGEM + ÁGUA VEGETAL.....	88
TABELA A - 6 - ANÁLISES ITAIPÉ FARINHA.	88

Lista de figuras

FIGURA 3. 1 - CASA DE FARINHA.	13
FIGURA 3. 2 - FORNO PARA SECAR FARINHA.	14
FIGURA 3. 3 - MÃO-DE-OBRA EM CASA DE FARINHA.....	14
FIGURA 3. 4 - FLUXOGRAMA BÁSICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FARINHA E DE POLVILHOS DOCE E AZEDO.	16
FIGURA 3. 5 - FÁBRICA ARTESANAL TÍPICA DE POLVILHO.....	17
FIGURA 3. 6 - RECEPÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA (ROSCA SEM FIM).....	17
FIGURA 3. 7- LAVADOR/DESCASCADOR.	18
FIGURA 3. 8 - TRITURADOR,RALADOR.....	18
FIGURA 3. 9 - PENEIRA SEPARADORA DE MASSA - GL.	19
FIGURA 3. 10 - PENEIRA SEPARADORA DE MASSA - GL.	19
FIGURA 3. 11 – DECANTADOR.....	20
FIGURA 3. 12 - POLVILHO DOCE.	20
FIGURA 3. 13 - TANQUES DE FERMENTAÇÃO.	21
FIGURA 3. 14 - QUEBRADOR.	21
FIGURA 3. 15 - ESTALEIROS OU JIRAUS.	22
FIGURA 3. 16 - MISTURADOR E ENSACADEIRA.	22
FIGURA 4. 1 - LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS VISITADOS.	26
FIGURA 4. 2 – CAPACIDADE INSTALADA.....	27
FIGURA 4. 3 – CAPACIDADE INSTALADA.....	27
FIGURA 4. 4 – REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL.....	28
FIGURA 4. 5 – DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES NO SOLO.	33
FIGURA 4. 6 - TANQUE DE EFLUENTES EM FÁBRICA DE POLVILHO.	33
FIGURA 4. 7 - TANQUE DE EFLUENTES EM FÁBRICA DE POLVILHO.	34
FIGURA 4. 8 - DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES NO SOLO.	34
FIGURA 4. 9 - FERTIRRIGAÇÃO.	34
FIGURA 4. 10 – DISPOSIÇÃO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS.....	35
FIGURA 4. 11 - EFLUENTE EM CASA DE FARINHA.	35
FIGURA 4. 12 - SEPARAÇÃO DA CASCA.	36
FIGURA 4. 13 - SECAGEM DA MASSA.....	37
FIGURA 4. 14 - MASSA DA MANDIOCA.	37
FIGURA 5. 1 - VALA DE EFLUENTES À DIREITA.	47
FIGURA 5. 2 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA COLETA DE SOLO.	47
FIGURA 5. 3 - FERTIRRIGAÇÃO NA EMPRESA 25.....	48
FIGURA 5. 4 - TERRENO/EMPRESA.	49

Lista de Quadros

QUADRO 1 - VARIEDADES RECOMENDADAS PARA O CULTIVO NO NORDESTE E SUL DO BRASIL.	11
QUADRO 2 - ENQUADRAMENTO DE EMPREENDIMENTOS NOS TERMOS DA DN Nº 74/2004.	64
QUADRO 3– INFORMAÇÕES SOBRE CONTROLE AMBIENTAL DOS EMPREENDIMENTOS VISITADOS.	85

Símbolos

ABAM: Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca.

CERH: Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

CETEC: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

CFSEMG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.

CNNPA: Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos.

COEMA: Conselho Estadual do Meio Ambiente – Pará.

CONEMA: Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro.

CONSEMA: Conselho Estadual do Meio Ambiente – São Paulo.

COPAM: Conselho Estadual de Política Ambiental – Minas Gerais

CTC: Capacidade de Troca Catiônica.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DEA: Departamento de Engenharia Agrícola.

DQO: Demanda Química de Oxigênio.

EDTA: Acido etilenodiaminatetraacetico.

EMATER: Empresa de Assistência Técnica e Assistência Rural.

EP: Equivalente Populacional.

EPAMIG: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais.

FCEI: Formulário Integrado de Caracterização do Empreendimento

FEAM: Fundação Estadual de Meio Ambiente.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

LI: Licença de Instalação.

LO: Licença de Operação.

LP: Licença Prévia.

SEAPA: Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

SIAM: Sistema Integrado de Informação Ambiental.

SISEMA: Sistema Estadual de Meio Ambiente.

UFV: Universidade Federal de Viçosa.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 CULTIVO DA MANDIOCA	10
3 PROCESSAMENTO DA MANDIOCA.....	13
4 ASPECTOS DA INDÚSTRIA POLVILHEIRA NO ESTADO DE MINAS GERAIS	25
4.1 PRODUÇÃO	31
4.2 CONTROLE AMBIENTAL	31
4.2.1 Efluentes Líquidos.....	31
4.2.2 Resíduos Sólidos	36
4.2.3 Emissões Atmosféricas	38
5 POTENCIAL POLUIDOR	40
5.1 EFLUENTES LÍQUIDOS	40
5.2 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	43
5.3 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	44
5.4 MATERIAL E MÉTODOS	44
5.4.1 Efluentes Líquidos.....	44
5.4.2 Solos.....	46
6 DISCUSSÃO.....	52
6.1 EFLUENTES LÍQUIDOS.....	52
6.2 SOLOS	57
7 LEGISLAÇÃO	63
7.1 REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS	64
7.2 PROPOSTA DE CÓDIGO DA ATIVIDADE DE INDUSTRIALIZAÇÃO DA MANDIOCA PARA FINS DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL ..	65
7. CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXO	85

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Pertencente à ordem Malpighiales, família das Euforbiáceas, gênero *Manihot* e espécie *Manihot esculenta* Crantz, a mandioca é uma espécie originária da América do Sul Tropical, cultivada desde a Antiguidade pelos nativos deste continente (AMARAL *et al.*, 2007). A raiz foi largamente explorada pelas sociedades pré-colombianas que, por ocasião da chegada do europeu ao continente, já a cultivavam e a processavam (SEBRAE, 2008).

Segundo a lenda mais difundida sobre as origens da mandioca, apareceu, há muito tempo, grávida a filha de um cacique de uma tribo da linhagem Tupi. O chefe quis punir no autor da desonra de sua filha a ofensa que sofrera seu orgulho e, para saber quem ele era, empregou debalde rogos, ameaças e por fim castigos severos. Tanto diante dos rogos como diante dos castigos a moça permaneceu inflexível, dizendo que nunca tinha tido relação com homem algum. O chefe tinha deliberado matá-la, quando lhe apareceu em sonho um homem branco que lhe disse que não matasse a moça, porque ela efetivamente era inocente, e não tinha tido relação com homem. Passados os nove meses, ela deu à luz uma menina lindíssima e branca, causando este último fato a surpresa não só da tribo como das nações vizinhas, que vieram visitar a criança, para ver aquela nova e desconhecida raça. A criança, que teve o nome de Mani e que andava e falava precocemente, morreu ao cabo de um ano, sem ter adoecido e sem dar mostras de dor. Foi ela enterrada dentro da própria casa, descobrindo-se e regando-se diariamente a sepultura, segundo o costume do povo. Ao cabo de algum tempo, brotou da cova uma planta que, por ser inteiramente desconhecida, deixaram de arrancar. Cresceu, floresceu e deu frutos. Os pássaros que comeram os frutos se embriagaram, e este fenômeno, desconhecido dos índios, aumentou-lhes a superstição pela planta. A terra afinal fendeu-se, cavaram-na e julgaram reconhecer no fruto que encontraram o corpo de Mani. Comeram-no e assim aprenderam a usar da mandioca. Câmara Cascudo acrescenta que o nome mandioca advém de Mani + oca, significando casa de Mani (CASCUDO, 2011).

A mandioca foi levada pelos portugueses para a África, devido à sua grande capacidade de adaptação, e expandiu-se rapidamente para outras regiões do planeta. Os bandeirantes, em suas incursões pelas matas, abrindo caminhos e clareiras, deixavam plantações de mandioca para que, ao retornar, encontrassem alimento para refazer as forças desgastadas pelas longas caminhadas, pelo trabalho de garimpagem e pela luta contra os índios (NOGUEIRA PINTO, 2011).

No tempo do Império, a mandioca foi utilizada para medir a riqueza dos brasileiros, tendo sido a Constituição de 1823 denominada a Constituição da Mandioca. Os deputados e senadores, a maioria proprietários de terras e escravos, decidiram que o voto seria censitário e só poderiam ter direito a ele aqueles que provassem ser muito ricos. Na ausência de uma moeda de circulação nacional, decidiram que a mandioca seria a medida da riqueza dos eleitores. Assim, uma renda anual equivalente a 150 alqueires de mandioca dava o direito ao cidadão de votar somente para deputado. Votar em senador exigia uma renda equivalente a 250 alqueires de mandioca. Disputar um cargo de deputado exigia uma renda anual de 500 alqueires e o dobro no caso de senador. Essa Constituição não chegou a ser concluída, pois a Assembléia Constituinte foi fechada pelas tropas de Dom Pedro I (DIAS, 2011).

Em Minas Gerais, como nas demais regiões do país, a produção de mandioca é muito antiga, cultivada pelos índios há milhares de anos, conforme indício em escavações arqueológicas, que, há aproximadamente dois mil anos, já se fazia uso de pilões para socar mandioca e milho, encontrando-se também silos para armazenar esses produtos. As pinturas rupestres representando tipitis indicam que também se dominava a técnica de fabricação da farinha, o que atesta que a mandioca fazia parte da alimentação da população dessa época.

A maior parte da produção nas diferentes regiões do Estado, principalmente nas que apresentam menor produtividade, caracteriza-se como de subsistência, concentrada nas mãos de pequenos agricultores, que adotam práticas rudimentares de cultivo, com uso de mão-de-obra familiar e, eventualmente, de outras pessoas para ajudar tanto na lavoura como na fabricação da farinha (NOGUEIRA PINTO, 2011).

Conhecida também pelos nomes de aipim, macaxeira, mandioca, mandioca-brava, mandioca-mansa, maniva, maniviera, pão-de-pobre, uaipi, suas denominações estrangeiras são cassava (inglês); manioc (francês); manioca (italiano); mandioca (espanhol) e manioka (alemão) (AMARAL *et al.*, 2007).

A composição da mandioca aponta para uma matéria-prima rica em amido, com menores teores de outros componentes (proteínas e lipídeos) que a batata, por exemplo. Apresenta baixo conteúdo de vitaminas, embora as variedades amarelas possam apresentar teores consideráveis de caroteno, além de vitamina C, que em grande parte se perde no processamento pelo calor (CEREDA & VILPOUX, 2001).

O Brasil, ocupando a terceira colocação na produção dessa raiz, participa com 11,1% da produção mundial.

A produção de mandioca no Brasil é de cerca de 26 milhões de toneladas por ano, sendo responsável pela geração de, aproximadamente, dez milhões de empregos diretos e indiretos, segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca - ABAM. A maior parte trabalha com a produção de farinha, sendo 40% usadas para consumo de mesa e ração animal, e 9,5% transformadas em amido, principalmente na Região Sul (CTPETRO AMAZONIA, 2011).

Segundo o último levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em 2006, a produção brasileira de farinha de mandioca foi de 1.193 mil toneladas. Na época, eram 265 mil estabelecimentos do setor e o Nordeste se destacava como a região com o maior número de agroindústrias rurais: 77 mil unidades na Bahia e 47 mil no Maranhão. O Pará concentrava 41 mil e Minas Gerais 17 mil (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2010).

A Tailândia continua merecendo destaque como o segundo produtor da raiz, precedido pela Nigéria, sendo o maior produtor de fécula e de “pellets” de mandioca. É também líder nas exportações desses produtos, alcançando volumes superiores a um milhão de toneladas de fécula, além de grande quantidade de “pellets” cujo destino, em sua maioria, é a União Européia (SEAB, 2010). Embora ocupe o oitavo lugar na produção mundial, a Índia merece destaque pelo excelente rendimento da sua cultura, conforme mostrado na Tabela 1.1.

Tabela 1. 1- Produção mundial de mandioca 2009.

País	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (t/ha)	Participação na produção (%)
Nigéria	3.126.510	36.804.300	11,77	19,1
Tailândia	1.326.740	30.088.000	22,68	11,8
Brasil	1.760.580	24.404.000	13,86	11,1
Indonésia	1.175.670	22.039.100	18,75	9,3
Congo	1.850.000	15.000.000	8,11	6,4
Índia	280.000	9.623.000	34,37	3,9
Mundo	18.916.569	233.795.973	12,36	100,00

Fonte: EMBRAPA, 2010.

De fácil adaptação, a mandioca é cultivada em todos os estados brasileiros, situando-se entre os nove primeiros produtos agrícolas do país, em termos de área cultivada, e o sexto em valor de produção (MATSUURA *et al.* 2003 citado por CAMILI, 2007).

As principais razões para o amplo cultivo dessa raiz e sua utilização na produção de subsistência são a sua habilidade de se desenvolver em solos pobres, de apresentar-se resistente a animais herbívoros, de ser tolerante à seca e ao ataque de insetos (PUC, 2009).

Conforme a Portaria N.º 139/2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, referente ao zoneamento agroclimático de Minas Gerais, a cultura da mandioca é considerada como apta em, praticamente, toda a extensão do Estado.

De acordo com o teor de ácido cianídrico presente em sua composição, a mandioca é classificada em três grupos distintos: mandioca mansa, mandioca brava e mandioca moderadamente brava (CETEC, 2009).

Segundo o Método para Classificação da Concentração de Cianetos em mandioca, conforme WILLIAMS e EDWARDS (1981) citado por LIMA (2001), adaptado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, a concentração de cianeto na mandioca é considerada inócua quando se encontra abaixo de 50 mg HCN/kg de polpa crua, moderadamente tóxica para consumo fresco, quando a concentração se encontra entre 50 e 100 mg HCN/kg de polpa crua e tóxica quando a concentração é superior a 100 mg HCN/kg, sendo, neste último caso, utilizada para consumo industrial.

É uma cultura que apresenta grande variabilidade genética, já tendo sido catalogadas, no Brasil, mais de quatro mil variedades. As variedades devem apresentar características específicas conforme a finalidade pretendida. Para as indústrias de amido e farinha, altos teores de amido nas raízes, polpa branca, córtex e película clara, ausência de cintas nas raízes, destaque fácil da película, raízes grossas e bem conformadas. Para alimentação animal, a característica limitante é o teor de ácido cianídrico que deve ser mínimo, sendo que para o consumo humano o

teor aceitável deve ser abaixo de 50 ppm ou 50 mg/kg de raiz fresca (EMBRAPA, 2009).

Embora ainda prevaleça o errôneo pensamento de que seja apenas um produto de subsistência, a mandioca é uma importante matéria-prima industrial. A fécula de mandioca é utilizada em mais de mil segmentos, como a indústria alimentícia, de plásticos, siderurgia e extração de petróleo. Da mandioca, pode-se extrair ainda o álcool, que atualmente vem sendo alternativa como combustível em países como Vietnã, Tailândia e China (FELIPE & van de BROEK, 2011).

Segundo a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos – CNNPA, em sua Resolução Nº 12/1978, amido é o produto amiláceo extraído das partes aéreas comestíveis dos vegetais. Fécula é o produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais (tubérculos, raízes e rizomas). O produto deverá ser designado amido ou fécula, seguido do nome do vegetal de origem como, por exemplo, “amido de milho”, “fécula de mandioca” (ANVISA, 2011; ABAM, 2011).

Ainda segundo essa Resolução, entre os amidos, féculas e derivados mais usuais inclui-se o polvilho ou fécula de mandioca, sendo que o polvilho será classificado em doce ou azedo, de acordo com o teor de acidez.

Em relação à produção de amido (fécula), as matérias-primas mais utilizadas, em termos mundiais, são: o milho com 64% de participação, a batata doce com 13% e a mandioca com 11% (FGV, 2003).

A FGV (2003) especifica o amido de mandioca (também conhecido como fécula, polvilho doce ou goma) como um pó fino, branco, inodoro, insípido e produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos. É um polissacarídeo natural, da família química dos carboidratos, constituído de cadeias lineares (amilose) e cadeias ramificadas (amilopectina).

Embora na legislação brasileira conste polvilho como sinônimo de fécula de mandioca, conforme mencionado, a denominação *polvilho* utilizada pelos produtores, por razões culturais, se refere ao produto submetido à secagem de forma natural, ao ar livre, em estruturas denominadas estaleiros ou jiraus, cabendo a denominação de fécula ao produto submetido a essa operação por meio de equipamentos industriais, como secadores de túnel e pneumáticos (*flash dryer*).

Como exemplos de utilização da mandioca na indústria alimentícia, podem ser mencionadas a produção de farinhas cruas ou torradas, polvilho doce, fécula fermentada ou polvilho azedo, tapioca, flocos, álcool butílico, como aditivo na fabricação de embutidos, de leite em pó, de chocolates, de balas, de bolachas, de sopas, de pão, de hambúrgueres e de sobremesas (CETEC, 2009).

A distribuição espacial dessa cultura no Brasil em termos de produção por área e quantidade é mostrada na Tabela 1.2, por regiões, e na Tabela 1.3 por estados. O Estado de Minas Gerais aparece em 7º lugar, sendo que a safra de mandioca, relativa ao ano de 2011, foi da ordem de 800 mil toneladas.

Tabela 1. 2 - Produção de mandioca por região do Brasil.

Região fisiográfica	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (t/ha)	Participação na produção (%)
Norte	497.989	7.662.286	15,39	28,69
Nordeste	910.996	9.837.819	10,80	36,84
Sudeste	128.112	2.341.193	18,27	8,77
Sul	256.920	5.248.083	20,43	19,65
Centro-Oeste	94.842	1.613.658	17,01	6,04
Brasil	1.888.859	26.703.039	14,14	100,00

Fonte: EMBRAPA, 2010.

Tabela 1. 3 - Produção de mandioca nos Estados brasileiros em 2011.

Estado	Produção (t)	Participação (%)
Pará	4.641.837	17,62
Paraná	4.608.555	17,62
Bahia	3.358.624	12,79
Maranhão	1.773.434	6,78
Rio Grande do Sul	1.308.883	5,02
Outros Estados	10.439.014	36,78
BRASIL	26.130.347	100,00

Fonte: EMBRAPA, 2011.

No Estado de Minas Gerais, conforme Tabelas 1.4 e 1.5, a região Norte responde pelo maior volume da produção, com 248,6 mil toneladas por ano. Em segundo lugar estão os cultivos do Jequinhonha/Mucuri, com 157,0 mil toneladas, vindo em seguida o Sul de Minas, com 115,7 mil toneladas, e depois o Noroeste, com 83,8 mil toneladas.

Em 2010, Januária, município da região Norte, liderou a produção com a colheita de 50 mil toneladas e rendimento médio de 20 toneladas por hectare. João Pinheiro, no Noroeste de Minas teve safra de 43.200 mil toneladas. Cahoeira de Minas, no Sul de Minas; Patos de Minas, no Alto Paranaíba e Rio Pardo de Minas, no Norte de Minas completaram o grupo dos maiores produtores de mandioca do Estado.

Tabela 1. 4 - Produção de Mandioca no Estado de Minas Gerais em 2010.

Região	Área Colhida		Produção		Produtividade Média estadual = 100	
	(ha)	(%)	(t)	(%)	(kg/ha)	
Central	5.050	8,83	66.674	7,70	13.203	-13
Rio Doce	3.322	5,81	42.406	4,90	12.765	-16
Zona da Mata	1.417	2,48	21.195	2,45	14.958	-1
Sul de Minas	4.896	8,56	115.690	13,36	23.629	56
Triângulo	2.106	3,60	40.355	4,66	19.162	27
Alto Paranaíba	2.642	4,62	48.547	5,61	18.375	21
Centro-Oeste	2.951	5,16	46.773	5,40	15.850	5
Noroeste	2.114	8,94	78.476	9,06	15.345	1
Norte de Minas	18.160	31,74	248.644	28,72	1.692	-10
Jequitinhonha/Mucuri	11.560	20,20	157.046	18,14	13.585	-10
Minas Gerais	57.218	100,00	865.806	100,00	15.132	

Fonte: SEAPA, 2010.

Tabela 1. 5 - Maiores Produtores de mandioca em Minas Gerais na safra 2010.

Município	Região	Área (ha)	Produção (t)	Rendimento (kg/ha)
Januária	Norte de Minas	2.500	50.000	20.000
João Pinheiro	Noroeste	2.400	43.200	18.000
Cachoeira de Minas	Sul de Minas	990	27.720	28.000
Rio Pardo de Minas	Norte de Minas	1.900	22.800	12.000
Patos de Minas	Alto Paranaíba	1.000	20.000	20.000
Total		8.790	163.720	18.626

Fonte: SEAPA, 2010

Nas regiões Norte e Nordeste, em sua maioria, essa atividade é exercida em unidades de natureza doméstica e familiar, nas quais a carência de tecnologias modernas na produção se estende ao controle ambiental do empreendimento, traduzido na disposição inadequada de resíduos sólidos e efluentes líquidos.

Nas regiões Sul e Alto São Francisco predominam as indústrias para produção de polvilho azedo, também de forma artesanal, cabendo ressaltar, segundo AMARAL *et al.* (2007) a sua utilização na produção de pão de queijo, devido a principal característica de expansão sem o uso de fermento químico ou biológico.

A Lei Estadual nº 16741, de 18 de junho de 2007, instituiu a política de incentivo à produção e ao consumo de mandioca e seus derivados e, dentre outras providências, em seu art. 2º, inciso V, busca promover o desenvolvimento

sustentável da cadeia produtiva da mandioca, com ênfase no respeito às normas ambientais, no equilíbrio econômico e na distribuição de renda.

No aspecto ambiental, os critérios de classificação dessa atividade, em um código genérico da Deliberação Normativa-DN COPAM N° 74/2004, para fins de instrução do processo administrativo de regularização ambiental, se limitam ao número de empregados e área construída. Este critério dificulta o efetivo conhecimento sobre a situação da atividade no estado, bem como seu acompanhamento pelo SISEMA.

Cabe ressaltar que a proposição deste projeto de pesquisa teve sua origem na necessidade da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, em consonância às suas novas atribuições, de contribuir com o Sistema Estadual de Meio Ambiente - SISEMA na execução da política de proteção, conservação e melhoria da qualidade ambiental no Estado de Minas Gerais, mediante a utilização de instrumentos legais elaborados a partir de informações e dados obtidos em pesquisas que reflitam a realidade ambiental da atividade sob acompanhamento.

No caso em questão, a cultura e, principalmente, o processamento da mandioca são atividades passíveis de licenciamento ambiental, no entanto essas atividades estão enquadradas na Deliberação Normativa nº 74/2004 de forma não correspondente ao seu real potencial poluidor.

O objetivo geral do projeto é propor o gerenciamento ambiental adequado da atividade de industrialização da mandioca, estabelecendo critérios para um melhor acompanhamento e licenciamento no âmbito do Estado.

Como objetivos específicos, podem ser mencionados:

Pesquisar e consolidar dados e informações sobre a cultura e industrialização da mandioca em Minas Gerais;

Análise do estado-da-arte do processamento da atividade de fecularia;

Elaborar diagnóstico da situação atual;

Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca;

Determinação dos níveis toleráveis nos corpos d'água – considerando-se o ciclo hídrico;

Revisão do enquadramento da atividade no âmbito da Deliberação Normativa - DN N° 74/2004;

Proposição de diretrizes para o controle ambiental da atividade.

A proposta para o desenvolvimento dos trabalhos constou, inicialmente, da viabilização da cooperação técnica, mediante assinatura de um convênio, com a Universidade Federal de Viçosa - UFV, a partir do qual foi iniciado o Plano de Trabalho, considerando os recursos laboratoriais e bibliográficos disponíveis, além da comunidade científica daquela Instituição.

Os trabalhos foram iniciados, mediante a realização de levantamentos nos arquivos do SISEMA e Sistema Integrado de Informação Ambiental - SIAM de Minas Gerais sobre a situação dos processos correlatos, com o objetivo de se definir o universo de trabalho, concomitantemente à realização de revisão bibliográfica sobre o tema.

Como forma de obter informações sobre os empreendimentos identificados nos arquivos do SISEMA e SIAM, foi elaborado um questionário modelo, aplicado em visitas técnicas, abordando aspectos do processo de produção, controle e regularização ambientais, com o objetivo de se traçar um perfil desse tipo de empreendimento.

Em uma segunda vertente, com vistas a iniciar o delineamento do potencial poluidor da atividade, foram realizadas análises laboratoriais para caracterização dos efluentes líquidos gerados em fábricas de polvilho e de farinha, além de amostras de solos nos quais tais efluentes são dispostos para simples infiltração ou com finalidade agrícola. Em relação às fábricas de farinhas, as coletas de efluentes líquidos foram realizadas em uma unidade familiar localizada na região do Vale do Mucuri, região, a partir da qual, em direção ao Norte de Minas, se concentra esse tipo de empreendimento.

As informações obtidas nas visitas técnicas, questionários, além de fontes secundárias de instituições públicas e privadas, juntamente com os resultados das mencionadas análises laboratoriais formaram o arcabouço necessário ao embasamento técnico para a regularização ambiental da atividade em tela, contribuindo, assim, para a melhoria do acompanhamento desse setor pelos órgãos de controle ambiental do Estado de Minas Gerais, principalmente no que tange à elaboração de um plano de ação, com ênfase no licenciamento integrado, uma vez que um melhor conhecimento da realidade atual é uma importante ferramenta não somente restrita à avaliação da viabilidade de novos projetos, como também de gerenciamento das demandas existentes pelos empreendimentos já implantados.

Considerando que, em Minas Gerais, predomina a fabricação de polvilho de forma artesanal e que na região do Sul de Minas estão localizados os principais empreendimentos dessa tipologia, com grande concentração nos municípios de Conceição dos Ouros e Cachoeira de Minas, estes foram definidos para a aplicação do questionário e coleta de amostras de solos e de efluentes líquidos industriais, tendo sido também incluído um empreendimento localizado no município de Turvolândia.

CULTIVO

2 CULTIVO DA MANDIOCA

A importância do cultivo de tuberosas pode ser evidenciada em três aspectos: cultivo de subsistência, cultivos de importância étnica ou cultural e cultivos de importância econômica.

Uma mesma cultura pode apresentar diferentes formas de valorização, em diferentes países ou regiões do mundo, por exemplo, na África o cultivo de mandioca é de subsistência, na Tailândia e na China é econômica, sendo pouco utilizada para alimentação humana, e de caracterização cultural no Brasil e alguns países da América do Sul (CEREDA, 2001).

Segundo o pesquisador Alfredo Augusto Cunha Alves, do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, da Embrapa, em Cruz das Almas, Bahia, a maneira de cultivar a mandioca no Brasil não difere radicalmente da utilizada pelos índios na época do descobrimento, principalmente no Norte e Nordeste (FOLHAONLINE, 2011).

A região Nordeste do País tradicionalmente caracteriza-se pelo sistema policultivo, que consiste na mistura de mandioca com outras espécies alimentares de ciclo curto como milho, feijão e amendoim (CEPLAC, 2011). Apenas em São Paulo, Paraná e Minas Gerais, além das práticas tradicionais, também se fazem plantações em grandes áreas com uso de tecnologia mecanizada (NOGUEIRA PINTO, 2011).

A mandioca pode ser considerada uma cultura esgotante e degradadora do solo, pelo fato de absorver grande quantidade de nutrientes e praticamente exportar tudo o que produz, quase nada retornando ao solo sob a forma de resíduos culturais, bem como por exigir o revolvimento do solo no plantio e na colheita e por cobrir muito lentamente o solo, contribuindo assim para a degradação da sua estrutura e também favorecendo a erosão (MATTOS *et al.* 2001).

Como o principal produto da mandioca são as raízes, ela necessita de solos profundos e soltos, sendo ideais os solos arenosos ou de textura média, por possibilitarem um fácil crescimento, pela boa drenagem e pela facilidade na colheita. A faixa ideal de temperatura situa-se entre 20 e 27 °C (média anual). As temperaturas baixas, em torno de 15 °C, retardam a germinação e diminuem ou mesmo paralisam a sua atividade vegetativa, entrando em fase de repouso, sendo a faixa mais adequada de chuva entre 1.000 a 1.500 mm/ano, bem distribuídos (AMARAL *et al.* 2007).

Sua propagação vegetativa acontece por meio de pedaços do caule, chamados manivas-sementes, o que traz a vantagem da manutenção pelas plantas das suas características morfológicas e agronômicas originais. Entretanto, apresenta como fatores limitantes a baixa taxa de multiplicação das manivas-sementes, a redução da qualidade da mesma pelo acúmulo de pragas e doenças transmitidas por sucessivas gerações, que se reflete no decréscimo da produtividade da lavoura e o fato de que a maniva da mandioca se constitui em excelente agente de disseminação de pragas e doenças dentre e entre regiões (EMBRAPA, 2011).

Os cultivares de mandioca apresentam adaptação específica a determinadas regiões e dificilmente um mesmo cultivar se comporta de forma semelhante em

todos os ecossistemas. Um dos motivos para isso é o grande número de pragas e doenças que afetam o cultivo, restritas a determinados ambientes (SBRT, 2011).

Uma forma de se classificar os cultivares de mandioca é de acordo com a duração do ciclo entre o plantio e a colheita. As três categorias usualmente conhecidas são as precoces (10 a 14 meses), semiprecoces (14 a 16 meses) e, com mais de 18 meses, as tardias (SEBRAE, 2008).

Os nomes comuns dos cultivares têm duas origens: denominações regionais, tradicionalmente estabelecidas, e códigos institucionais, a partir da criação em laboratórios de pesquisa.

No Quadro 2.1 são apresentados os cultivares adequados para as regiões Nordeste e Sul do Brasil (SEBRAE, 2008).

Quadro 1 - Variedades recomendadas para o cultivo no Nordeste e Sul do Brasil.

Nordeste	Sul
Arari	Fibra
BRS Guairá	Olho Junto
BRS Mulatinha	Fécula Branca
BRS Dourada	Mico
BRS Gema de Ovo	IAC 14
Crioula	IAC 13

Fonte: SEBRAE, 2008.

Em Minas Gerais predominam as variedades Vassourinha, Gostosa, Amarelinha, Engana Ladrão, Sergipe, Manteiga, Mandioca Pão e Cacau (EMBRAPA, 2011).

A colheita da mandioca pode ser realizada mecanicamente, mediante a utilização de equipamentos que promovem a exposição das raízes, ou manualmente, com o arranquio. Após a colheita, as raízes devem ser recolhidas e processadas no prazo de 24h uma vez que iniciam o processo de fermentação e apodrecimento.

Para o Estado de Minas Gerais, o período ideal para realizar a colheita são os meses de maio a setembro. A mandioca colhida fora deste período é sempre aguada, resultando em um produto de baixa qualidade (EMATER, 2011).

PROCESSO INDUSTRIAL

3 PROCESSAMENTO DA MANDIOCA

As raízes da mandioca viu-as Gabriel Soares raspadas pelos índios de 1500 até ficarem alvíssimas; “depois de lavadas, ralam-nas em uma pedra ou ralo que para isso tem, e depois de bem raladas, espremem essa maça em um engenho de palma a que chamam tapitim que lhe faz lançar a agua que tem toda fora, e fica essa maça enxuta, da qual se faz a farinha que se come, que cozem em um alguidar para isso feito, em o qual deitam esta maça e a enxugam sobre o fogo onde uma india a meche com um meio cabaço, como quem faz confeitos, até que fica enxuta, e sem nenhuma humidade, e fica como cuscuz; mas mais branca, e desta maneira se come, é muito doce e saborosa” (FREYRE, 1998).

Essa descrição do processamento da mandioca, para alimentação humana direta, sob o ponto de vista da tecnologia empregada, bem poderia descrever os procedimentos adotados na maioria das unidades atualmente existentes naquelas regiões em que o processamento dessa raiz tem o mesmo objetivo, como acontece nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, assim como do Estado de Minas Gerais, conforme as figuras 3.1, 3.2 e 3.3 referentes a unidades localizadas no município de Itaipé, Vale do Mucuri.



Figura 3. 1 - Casa de farinha.



Figura 3. 2 - Forno para secar farinha.



Figura 3. 3 - Mão-de-obra em casa de farinha.

Nessas circunstâncias, a prensagem da massa ralada é feita com equipamentos rudimentares, alguns deles construídos no próprio local. A massa ralada é colocada dentro de cestos de vime tradicionalmente conhecidos como tipiti, ou em fardos sobrepostos, e a pressão exercida perpendicularmente sobre o conjunto promove o esgotamento da água de prensagem (WOSIACKI & CEREDA, 2002). Em seguida, a massa é esfarelada e peneirada para eliminar os torrões mais grossos e produzir uma farinha fina que é seca ao sol ou em tachos ou chapas de ferro com aquecimento a lenha, para a produção de farinhas cruas e torradas, respectivamente.

A farinha pode pertencer a um entre três grupos, dependendo da tecnologia de fabricação utilizada: a farinha seca, a farinha d'água e a farinha mista. Cada grupo

é, por sua vez, dividido em subgrupos (de acordo com a sua granulação), em classes (em função da coloração) e em tipos (pelas variações na qualidade do processamento). A predominância do tipo consumido varia de acordo com as preferências locais de cada região do País.

Em relação à farinha seca, a torração é o processo-chave, no qual é determinada a cor, o sabor e o tempo de conservação do produto, sendo que a sua umidade final deve ficar abaixo de 14% (SEBRAE, 2008).

A farinha d'água se diferencia da farinha seca pelo processo de maceração a que as raízes são submetidas antes do descascamento, em água corrente ou cochos até que haja um amolecimento e as cascas se soltem. Além disso, as raízes passam por um processo de fermentação, semelhante ao polvilho azedo, conferindo à farinha características organolépticas típicas da presença de ácidos como o láctico, o acético, o butírico etc (VILELA & JUNIOR, 1987).

A farinha mista, conforme o próprio nome indica, consiste na mistura, em diferentes proporções, dos dois tipos anteriores (SEBRAE, 2008).

No Norte e Nordeste do País, o líquido da prensagem da mandioca é colocado a decantar para a recuperação do amido (goma), e o líquido sobrenadante, conhecido nessas regiões por tucupi, é usado na alimentação como condimento para preparo de pratos especiais como o famoso “pato ao tucupi”.

No fluxograma da Figura 3.4 são apresentadas as operações envolvidas na produção da farinha e dos polvilhos doce e azedo.

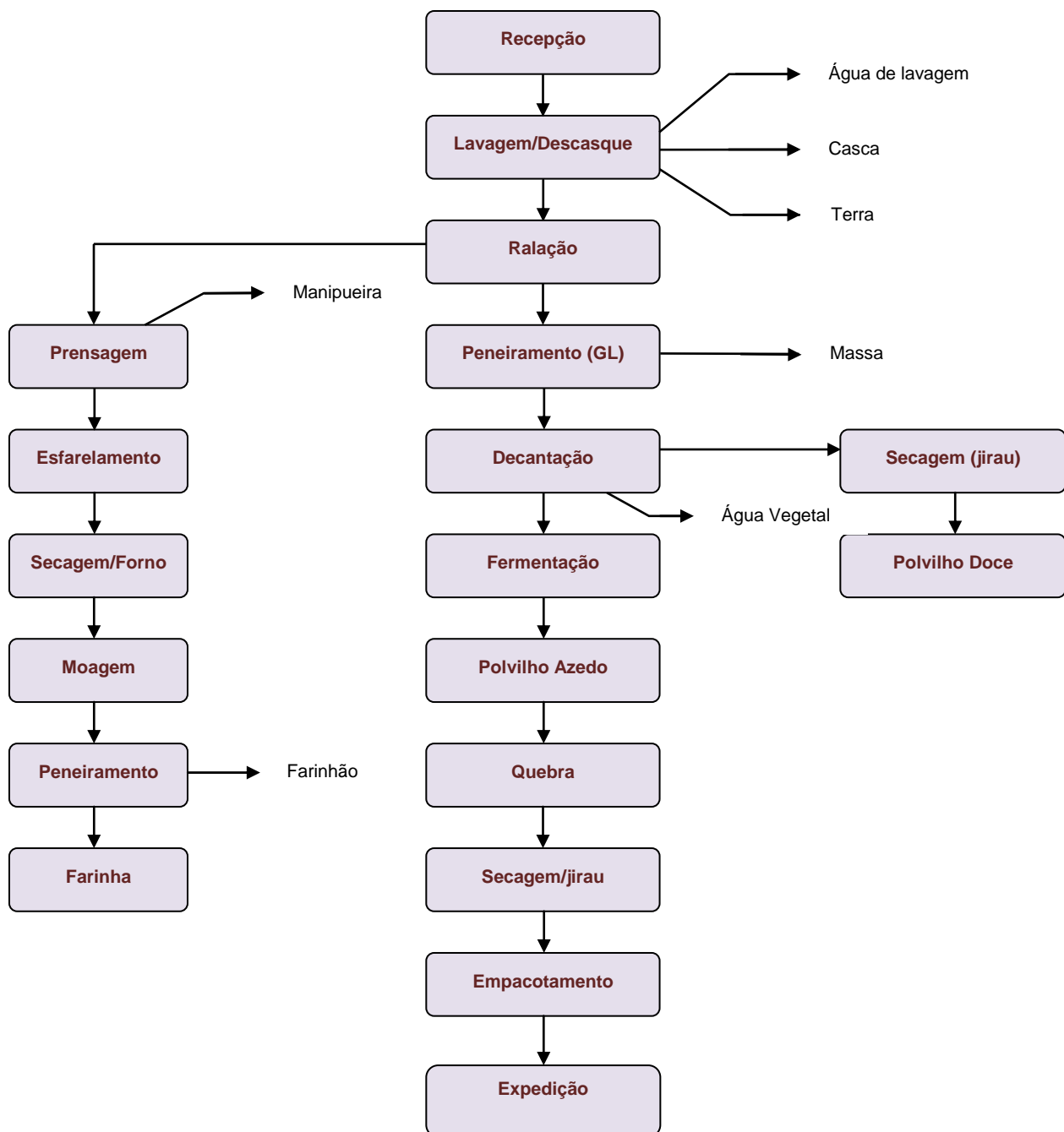


Figura 3. 4 - Fluxograma básico do processo de produção de farinha e de polvilhos doce e azedo.



Figura 3. 5 - Fábrica artesanal típica de polvilho.

As operações constantes do fluxograma consistem, para a produção do polvilho, o processo de empreendimentos ditos artesanais, conforme unidade típica mostrada na figura 3.5.

A recepção da matéria-prima é feita em silos dotados de rosca-sem-fim na base, conforme a figura 3.6, de onde a mandioca é enviada para lavagem e descascamento, com o objetivo de remoção de terra e pedregulhos, em equipamento denominado lavador/descascador, semicilíndrico, com pás giratórias e aspersão de água (reciclada ou não), mostrado na figura 3.7, evitando-se a incorporação de massa inerte às operações e reduzindo o perigo de contaminação por microorganismos (INDI, 2011).



Figura 3. 6 - Recepção da matéria-prima (rosca sem fim).



Figura 3. 7- Lavador/descascador.

Posteriormente, é feita a redução de tamanho (ralação) com o intuito de romper os tecidos da raiz, facilitando a liberação dos grânulos de amido, em picador/ralador (Figura 3.8), dotado de tambores com serras giratórias (INDI, 2011).



Figura 3. 8 - Triturador,ralador.

A operação subsequente consiste na extração do leite de amido presente na massa ralada, por meio de peneiras extratoras de alta rotação, figuras 3.9 e 3.10, comumente denominadas GLs.

Cabe destacar que GL são as iniciais do sueco inventor do equipamento, Gustaf Larssen (FIGUEIREDO, 2008), cujo princípio de funcionamento se baseia em cones rotativos providos de tela de peneiração, com crivos alongados de 125 - 250 μm de

abertura, seguido da purificação do líquido resultante, na qual são utilizadas centrífugas que apresentam discos cônicos dentro do rotor (LEONEL & CEREDA, 2000).



Figura 3. 9 - Peneira separadora de massa - GL.



Figura 3. 10 - Peneira separadora de massa - GL.

A fécula refinada, misturada à água, segue para a segregação, em estrutura de concreto e alvenaria, denominada decantador, conforme figura 3.11, com paredes revestidas de azulejos, composto por diversas bicas paralelas, nas quais a fécula se sedimenta, com eliminação da chamada “água vegetal”.



Figura 3. 11 – Decantador

Após sedimentar, caso a fécula seja retirada do decantador, figura 3.12, e colocada para secar diretamente, obtém-se o chamado polvilho doce (CETEC, 2009).



Figura 3. 12 - Polvilho doce.

Se, por outro lado, o que se deseja é o polvilho azedo, o polvilho doce é enviado para tanques de fermentação – em concreto, alvenaria e azulejo – mostrados na figura 3.13, onde permanece por um período médio de 30 a 60 dias.



Figura 3. 13 - Tanques de fermentação.

Decorrida a fermentação, o polvilho azedo, então, é preparado para a secagem, mediante moagem em equipamento apropriado, denominado “quebrador” (Figura. 3.14).



Figura 3. 14 - Quebrador.

Em forma de pó, o polvilho é distribuído sobre lonas plásticas, para secagem ao ar livre, em estruturas denominadas estaleiros ou jiraus, construídos normalmente com madeira e fibras vegetais, como mostradas na figura 3.15.



Figura 3. 15 - Estaleiros ou jiraus.

Após secagem, o produto é homogeneizado em misturador e ensacado (Figura 3.16), usualmente em embalagens de 25 Kg.



Figura 3. 16 - Misturador e ensacadeira.

Em empreendimentos que utilizam tecnologias mais modernas, como nas fábricas de fécula do Paraná, as operações são as mesmas, diferenciando o processo fabril no grau de automatização, onde se verifica que:

- a seção de recepção das raízes consta de depósitos abertos de concreto, subdivididos em lotes para controle da ordem de chegada das raízes;
- a desintegração das raízes é feita em equipamentos de alta velocidade;
- o material desintegrado passa por uma série de extratores cada vez mais finos, originando nessa etapa o farelo e o "leite de fécula";

- na purificação são utilizadas centrífugas que apresentam discos cônicos dentro do rotor;

- a fécula refinada segue para um filtro rotativo a vácuo visando remoção parcial da umidade (40 - 45%) e após isto, passa por um secador pneumático onde, em tempo bastante curto, é desidratada.

Segundo LEBOURG (1996), citado por LEONEL & CEREDA (2000), o balanço de massa em uma fecularia brasileira que processa em torno de 200 t de raízes/dia é 254,7 kg de fécula e 928,6 kg de farelo úmido (aproximadamente 85% umidade) para cada tonelada de raiz de mandioca processada.

Por outro lado, conforme LIMA (1982), citado por VILELA & JÚNIOR (1987), a quantidade de farinha produzida, em relação às raízes consumidas, oscila de acordo com a variedade, idade da cultura e sistema de fabricação adotado sendo, geralmente, produzidos de 250 a 350kg de farinha por tonelada de mandioca.

Nas visitas realizadas em fábricas do Sul de Minas, foi informado pelos empreendedores que a quantidade média de polvilho por tonelada de mandioca processada tem sido de 250 kg.

PANORAMA DO SETOR

4 ASPECTOS DA INDÚSTRIA POLVILHEIRA NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Conforme estudo comparativo, realizado por DE PAULA & FILHO (2011), entre os Censos Agropecuários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, realizados em 1995/1996 e em 2006, houve uma queda vertiginosa de estabelecimentos da indústria rural, em Minas Gerais, na qual o processamento da mandioca se inclui, como mostrado na Tabela 4.1. Ainda assim, a quantidade de empreendimentos contabilizada é relevante.

Tabela 4. 1 - Número de estabelecimentos

Produtos	Estabelecimentos	
	1995/1996	2006
Aguardente de cana	8.466	4238
Fubá	21.242	5343
Farinha de mandioca	32978	16754
Tapioca e/ou goma	10449	5121

Fonte: DePaula & Filho (2011)

Em pesquisa realizada em 1.153 estabelecimentos da agroindústria artesanal de alimentos, localizados em aproximadamente 70% dos municípios do Estado de Minas Gerais, foram identificados 15.243 agroindústrias artesanais de alimentos, das quais 19,3% processam mandioca, correspondendo a 223 estabelecimentos, sendo a atividade que ocupa o maior número de pessoas no processamento de alimentos (JORNAL A VOZ, 2011).

As mesorregiões Sul de Minas e Centro-Oeste são as maiores produtoras de polvilho do Estado de Minas Gerais, sendo que há cooperativas de produtores nos municípios de Diamantina, Ibiá e Formiga, além de associações em Almenara e Capelinha (DINIZ, 2006). O município de Conceição dos Ouros possui 20 fábricas de polvilho que geram 280 empregos diretos e 700 indiretos (AGENCIAMINAS, 2011)

Estes números e informações, ainda que desprovidos de maiores detalhes, não condizem com aqueles existentes no SIAM, que são escassos.

Contribui de forma importante para esta escassez de informações o fato da atividade ser classificada em um código geral da Deliberação Normativa – DN COPAM Nº 74/2004, o que, de certa forma, encobre a real situação ambiental do setor.

Assim, somente com o conhecimento prévio de que os municípios de Conceição dos Ouros e Cachoeira de Minas concentram um número expressivo de

empreendimentos fabricantes de polvilho, foi possível identificar as unidades fabris que compuseram o universo da pesquisa de campo, conforme Figura 4.1.

De posse desta informação, foi realizada consulta ao SIAM, tendo sido identificados dezenove empreendimentos, com processo administrativo, no município de Conceição dos Ouros, cinco em Cachoeira de Minas e um em Turvolândia. Além destes, outros vinte e dois empreendimentos foram identificados no município de Cachoeira de Minas que protocolaram o Formulário Integrado de Caracterização do Empreendimento – FCEI no SISEMA, entretanto, sem dar continuidade ao processo de regularização ambiental.

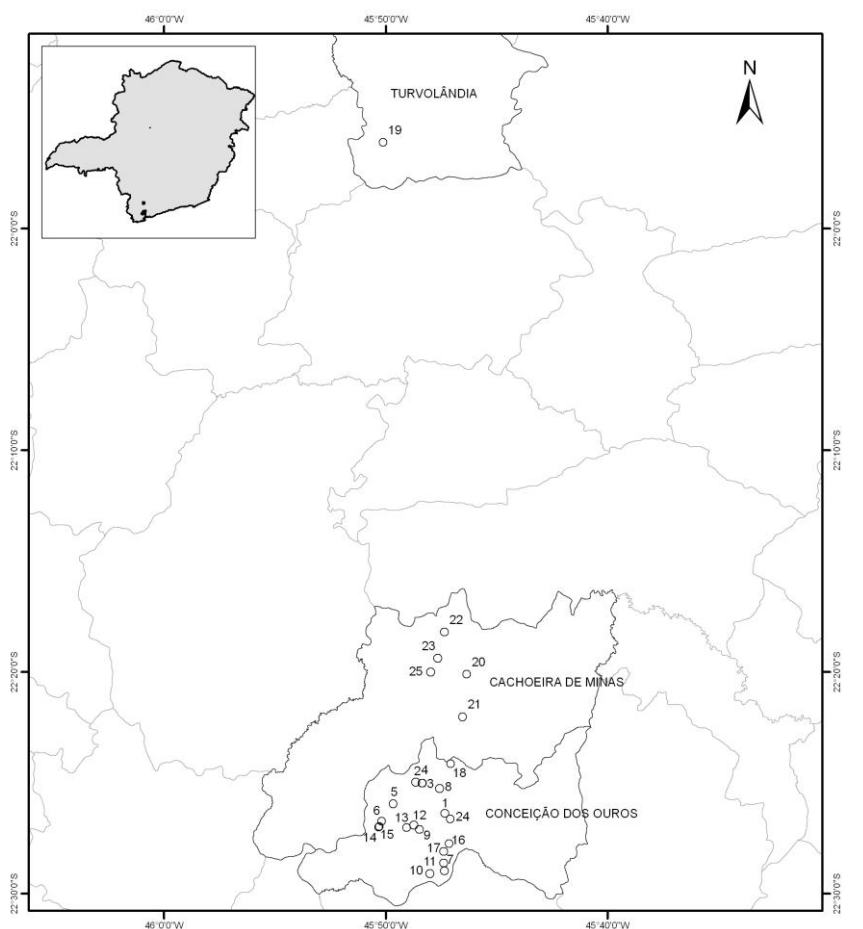


Figura 4.1 - Localização dos empreendimentos visitados.

Fonte: Núcleo de Geoprocessamento, FEAM, 2011

Conforme informações obtidas nos questionários aplicados, os empreendimentos estão localizados, em sua maioria em zona rural, tendo sido identificadas cinco unidades em zona urbana. Foi constatado conforme figura 4.2 que 28% dos empreendimentos tem capacidade instalada para processar até 10 t/dia de mandioca, 40% de 10 a 20 t/dia, 24% correspondem a uma industrialização de 20 a 30t/dia,sendo que apenas 8% processam acima de 40t,correspondendo a duas fábricas.

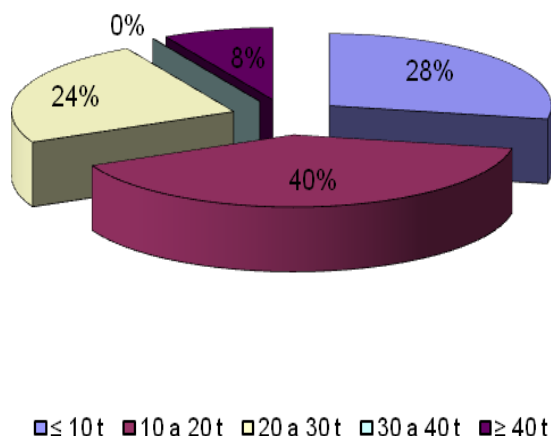


Figura 4. 2 – Capacidade Instalada

O número total apurado de empregos diretos na atividade foi de 230, o que corresponde a uma média de 9 empregados por fábrica, em períodos de safra, cabendo ressaltar que este número se refere às atividades de colheita e produção.

Em relação à origem da matéria prima, 56% dos fabricantes informaram adquirir mandiocas de terceiros, 46% processam tanto mandiocas de cultivo próprio quanto de terceiros – com predominância desses últimos – e apenas um produtor utiliza matéria prima integralmente própria.

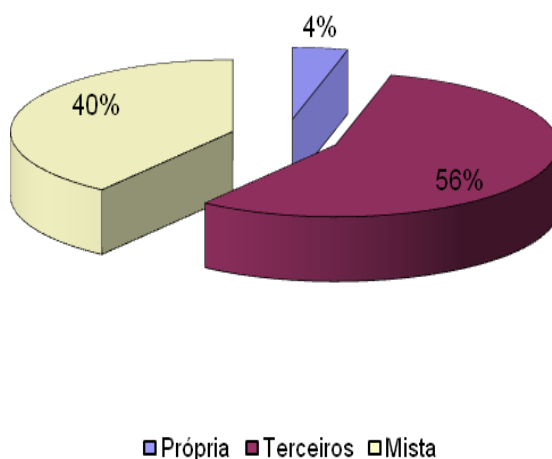


Figura 4. 3 – Capacidade Instalada

A principal alegação apresentada pelos produtores para esta predominância de matéria prima importada de outras regiões é o preço mais baixo por tonelada de mandioca, principalmente, devido à mecanização das lavouras e maior produtividade por hectare, o que não acontece na região estudada, onde o cultivo é fortemente dependente de mão de obra, cuja escassez vem se acentuando ao longo do tempo.

Foram observadas incoerências em relação aos diplomas concedidos, uma vez que unidades com características similares dispõem de instrumentos diferentes como AAF, LO e o caso de dispensa de regularização no nível estadual, criando uma situação na qual a regularização administrativa não corresponde a um controle ambiental efetivo. Neste sentido, foi verificado que oito empreendimentos dispõem de Licença de Operação, dois de Autorização Ambiental de Funcionamento, seis foram considerados não passíveis de licenciamento e oito se encontravam em situação irregular. Além disso, foram identificadas empresas exercendo suas atividades com documento de licenciamento no qual consta razão social antiga.

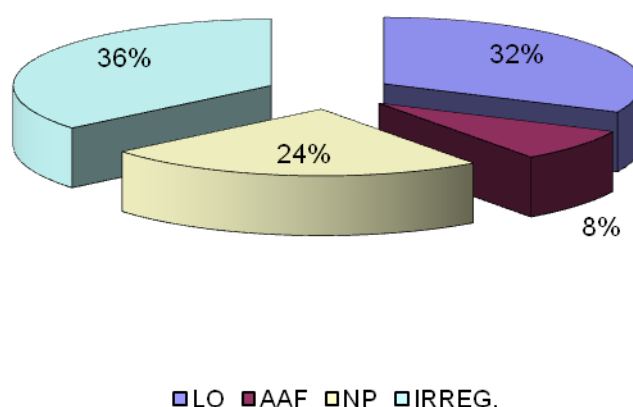


Figura 4. 4 – Regularização Ambiental

Em relação a outorga para utilização de água, dos vinte e cinco empreendimentos visitados, treze estavam em situação regular.

Todo esse quadro observado, agravado pelo fato de que não há um acompanhamento efetivo pelos órgãos ambientais competentes, tanto no que tange à fiscalização quanto ao cumprimento de condicionantes, só veio reforçar a necessidade de uma abordagem mais criteriosa na regularização dessa atividade, considerando seu potencial poluidor, definido com a utilização de critérios essencialmente técnicos.

Cabe ressaltar que, por parte dos empreendedores, há o entendimento de que a situação ambiental das suas indústrias é adequada, por cumprirem as exigências administrativas necessárias à sua regularização, à luz da legislação vigente, e que as técnicas de controle ambiental empregadas são corretas.

Em relação à fabricação de farinha de mandioca, a situação observada, durante a realização das coletas de amostras de efluentes líquidos, na região do município de Itaipé, Vale do Mucuri, nas denominadas casas de farinha ou tendas, é a de uma atividade calcada no modelo tradicional, que atua na informalidade, utilizando mão-de-obra familiar e equipamentos arcaicos, higienização precária e controle ambiental inexistente. Modelo de produção que pode ser considerado representativo da atividade na região Norte de Minas Gerais.

Segundo NOGUEIRA PINTO (2011), a fabricação da farinha em Minas Gerais é feita artesanalmente, combinando processos rústicos e totalmente manuais com outros que fazem uso de alguma tecnologia mecanizada. Nas casas de farinha, a força de trabalho utilizada conta com grande participação feminina. São as mulheres que geralmente cuidam do descascamento da mandioca, da extração do polvilho e da fabricação dos beijus. A ralação, prensagem e torração, por serem atividades que requerem maior força física, ficam a encargo dos homens.

Tendo em vista o baixo grau de instrução dos produtores, a organização das atividades é mínima, resumindo-se à distribuição de tarefas entre os trabalhadores das tendas e, em alguns casos, à utilização compartilhada das instalações por terceiros, mediante pagamento ao proprietário da tenda com um percentual da produção.

De um modo geral, há uma grande resistência a qualquer intervenção externa, principalmente do poder público, quando investido do papel fiscalizador, criando uma situação que requer, antes de tudo, um trabalho de orientação e acompanhamento quanto às boas práticas de produção e controle ambiental da atividade e que, necessariamente, deverá envolver outras instituições, como a EMATER, IMA e UFV.

Tabela 4. 2 - Informações industriais sobre os empreendimentos visitados no ano de 2010.

Empresa	Capacidade Instalada (t/d)	Nº de Empregados Fixos	Nº de Empregados na Safra	Origem da Matéria-prima	Área Construída (m ²)
1	15	3	3	Terceiros	900
2	100	38	38	Terceiros	Não informada
3	24	4	8	Terceiros	3.000
4	24	13	13	Terceiros	1.000
5	30	5	10	Mista	24.000
6	15	6	8	Terceiros	800
7	20	5	5	Terceiros	28.493
8	30	15	22	Terceiros	1.000
9	3	3	3	Própria	1.000
10	15	4	4	Terceiros	500
11	30	8	8	Mista	990
12	10	5	5	Mista	3.000
13	20	10	10	Mista	5.700
14	8	1	1	Terceiros	2.000
15	15	4	4	Mista	680
16	20	6	8	Terceiros	900
17	8	1	1	Terceiros	500
18	8	2	2	Terceiros	440
19	20	10	10	Mista	1.200
20	30	16	16	Mista	800
21	20	3	3	Mista	12.000
22	20	8	8	Mista	10.000
23	10	4	4	Mista	10.000
24	2,5	3	3	Terceiros	3.000
25	40	5	5	Terceiros	350

Fonte: GPROD - FEAM

4.1 Produção

Conforme constatado nas visitas realizadas em unidades industriais de Conceição dos Ouros, Cachoeira de Minas e Turvolândia, as operações de fabricação do polvilho (doce ou azedo) não apresentam diferenças significativas de um empreendimento para outro e, quando existentes, se relacionam mais aos aspectos de higiene e qualidade das instalações e maquinário. Além disso, não há um conhecimento, por parte dos produtores, quanto ao balanço de massa da indústria, tampouco controle no sentido de melhoria da eficiência do processo.

A principal diferença observada no processo de produção é a utilização de centrífuga, por oito fábricas, após a separação da massa nas GLs e peneiramento, com o objetivo de concentrar mais o amido no leite a ser decantado para a extração da fécula. No mais, as operações são rigorosamente similares, constando de lavagem e descascamento, corte e trituração, lavagem da massa, peneiramento do leite de amido obtido, decantação, fermentação, moagem e secagem ao ar livre.

As melhorias que poderiam ser alcançadas são relacionadas, em alguns empreendimentos, mais à substituição de maquinário atual por outro mais eficiente, um melhor controle das condições sanitárias, uma vez que diversas operações são muito expostas. Entretanto, alterações radicais no processo fabril esbarram, segundo os produtores locais, na questão cultural, da tradição, uma vez que a “qualidade” do polvilho da região do Sul de Minas é atribuída a esta de forma de produção, principalmente à secagem ao ar livre, em estaleiros ou jirasus.

Mas cabe ressaltar, segundo EMBRAPA (2003), a comprovação da ação dos raios ultravioletas do sol como desencadeadora de uma reação de oxidação que modifica o amido, conferindo a ele propriedades físicas especiais.

4.2 Controle Ambiental

Conforme abordado, as atividades de extração de fécula, produção de polvilho e de farinha, em unidades localizadas na região Sul de Minas, geram uma quantidade significativa de resíduos e efluentes líquidos, com potencial poluidor elevado, embora os empreendimentos visitados sejam considerados como atividades de natureza artesanal e familiar, empregando pequena mão-de-obra. Não há utilização de qualquer tipo de combustível, nem de produtos químicos. A energia elétrica é necessária apenas para o funcionamento do maquinário, sendo fornecida pela concessionária estadual.

4.2.1 Efluentes Líquidos

Em relação ao controle ambiental dos empreendimentos dessa atividade industrial, formas distintas de aproveitamento são mencionadas em vários estudos referentes aos efluentes líquidos industriais, principalmente a manipueira e água vegetal, como a utilização em fertirrigação de diversas culturas, além do seu enquadramento aos padrões legais de lançamento, por meio de estações de tratamento.

Mediante a determinação da equivalência entre adubo químico e manipueira extraída de mandiocas, branca e amarela, colhidas no Banco de Germoplasma de

Mandioca da Embrapa Amazônia Oriental, e proveniente de uma fábrica de farinha do município de Igarapé Açu, Pará, BOTELHO *et al.* (2011) verificaram que o efluente apresenta boas características para ser utilizado como adubo orgânico em agricultura familiar, ressaltando-se a necessidade de tratamento prévio, por meio de fermentação, para que este fenômeno não ocorra no solo, o que poderia causar a morte de plantas.

Em experimento conduzido na área de irrigação do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, no município de Maringá, Paraná, SILVA *et al.* (2008) aplicaram diferentes doses de manipueira, (150 m³/ha, 450 m³/ha e 900 m³/ha proveniente de fecularia de mandioca, em cultura de sorgo para avaliar o comportamento da cultura, bem como do solo percolado de efluentes.

Os resultados demonstraram um efeito fertilizante pelo expressivo aumento do potássio, assim como o suprimento das necessidades nutricionais do sorgo para seu pleno desenvolvimento e produção de massa verde, até a dose de 450 m³/ha para o crescimento e correlação negativa para a variável folhas senescentes.

Ao incubar, durante 21 dias, amostras de três solos distintos, tratados com doses crescentes de manipueira, MELO (2004) constatou, de forma geral, incrementos na disponibilidade de potássio, sódio, magnésio e cálcio, podendo diferenças nas respostas serem atribuídas às características químicas e texturais de cada solo, assim como um aumento na condutividade elétrica em valores que sugerem cuidados na incorporação do efluente, com vista a se evitar riscos de salinização do solo.

Ao avaliar os efeitos da aplicação de duas doses de manipueira sobre um solo tipo TE (Distrófico, textura argilosa) FIORETTO (2001) observou um aumento na concentração dos elementos do solo, com implicação direta no desequilíbrio dos cátions básicos do solo – devido à predominância do íon potássio (K) entre os constituintes minerais da manipueira – com predisposição à lixiviação de cálcio e magnésio, tendo concluído pela necessidade de monitoramento da fertilidade do solo, antes e após a aplicação do efluente, ressaltando-se que a ação residual da dinâmica dos cátions adsorvidos está diretamente ligada a dois fatores importantes: precipitação pluviométrica e as dosagens utilizadas.

Em experimento conduzido em casa de vegetação da EMBRAPA Fruticultura Tropical, PINHO (2007) aplicou doses de manipueira, coletada diretamente da prensagem da mandioca em casa de farinha, correspondentes a 0, 40, 80, 160 e 320 m³/ha ano em três tipos de solos – argiloso, argilo-arenoso e arenoso - tendo observado elevação do pH, favorecimento na disponibilidade de nutrientes, efeito fertilizante, com incremento de Mg²⁺, K⁺ e P no solo, entretanto, em relação ao solo de textura areno-argilosa não houve resposta eficiente nas mudanças das características do solo após aplicação da manipueira.

Em que pese a existência de toda essa gama de alternativas, as práticas normalmente adotadas pelas indústrias de processamento de mandioca visitadas em Conceição dos Ouros e Cachoeira de Minas, apresentadas no quadro 12, face, principalmente, à inviabilidade técnico-econômica, têm sido o recolhimento dos efluentes em reservatórios localizados nas imediações das fábricas, em alvenaria ou escavados no solo, figuras 4.6 e 4.7, com posterior bombeamento à área agrícola

para infiltração em valas, figura 4.8, adotada em 56% das indústrias, ou fertirrigação de pequenas culturas de mandioca, milho, etc, como mostrado na figura 4.9, praticada por 32% dos produtores, sendo que os 12% restantes utilizam os dois procedimentos conforme figura 4.5.

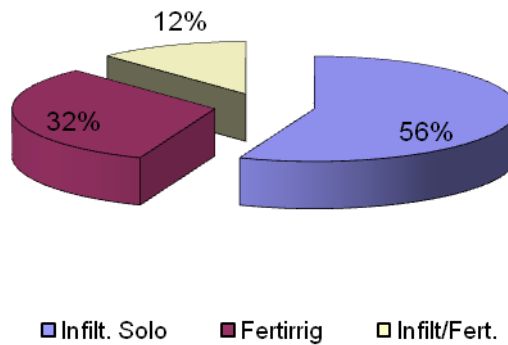


Figura 4. 5 – Disposição de efluentes no solo.

Cabe ainda mencionar que, em 24% dos empreendimentos, as águas de lavagem da mandioca são lançadas em curso d'água, após retenção dos resíduos sólidos em peneiras.



Figura 4. 6 - Tanque de efluentes em fábrica de polvilho.



Figura 4. 7 - Tanque de efluentes em fábrica de polvilho.



Figura 4. 8 - Disposição de efluentes no solo.

Figura 4. 9 - Fertirrigação.

Entretanto, esses procedimentos são realizados tendo como premissa básica o não lançamento dos efluentes líquidos em cursos d'água, não havendo os cuidados necessários quanto aos danos aos solos e contaminação do lençol freático, uma vez que foi constatado nas visitas realizadas aos empreendimentos que não há qualquer critério agrônômico na aplicação dos efluentes em área agrícola e a simples

infiltração no solo pode ser considerada mais como utilização de uma área de sacrifício.

Em relação aos esgotos domésticos, devido à localização dos empreendimentos em zona rural, desprovida de rede coletora, seu lançamento é feito em fossas secas por 56% das fábricas visitadas, em fossas sépticas, por 20% das unidades, sendo que em 20% o lançamento é realizado diretamente em cursos d'água e somente em uma fábrica os esgotos são lançados na rede coletora municipal, conforme figura 4.10.

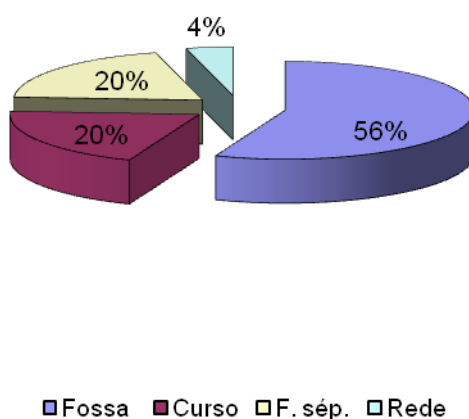


Figura 4. 10 – Disposição de esgotos domésticos.

No tocante a fabrica de farinha de Itaipé, os efluentes líquidos são lançados no solo, conforme mostra a figura 4.11, ou diretamente em curso d'água.



Figura 4. 11 - Efluente em Casa de Farinha.

4.2.2 Resíduos Sólidos

No tocante aos resíduos sólidos, a casca da mandioca, segundo informado, é disposta no solo em 60% dos empreendimentos visitados, principalmente nas propriedades rurais nas quais as fábricas estão inseridas. Na figura 4.12 é mostrada uma operação típica de peneiramento das águas de lavagem das raízes, para separação das cascas.



Figura 4. 12 - Separação da casca.

A massa é destinada para alimentação animal em 88% do universo analisado, predominantemente por venda a terceiros, principalmente suinocultores.

Em alguns empreendimentos, esses resíduos são secados ao ar livre, conforme figura 28, e ensacados para a venda.

Mas, na maioria dos casos, este material é recolhido por caminhões, em estruturas como a da figura 4.13. Na parte superior, uma centrífuga para a retirada do excesso de água presente no resíduo.



Figura 4. 13 - Secagem da massa.

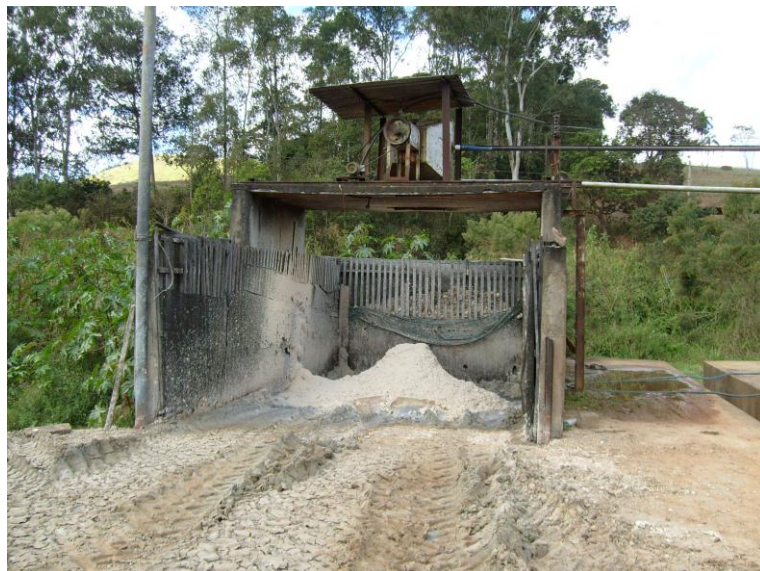


Figura 4. 14 - Massa da mandioca

Outra situação que merece destaque é o fato de que na grande maioria dos empreendimentos a matéria-prima é fornecida por terceiros ou mista e, mesmo quando mista, o percentual de terceiros predomina. No universo analisado, apenas um produtor consome matéria-prima exclusivamente de cultivo próprio, tratando-se daquela de menor porte entre todas.

Tal situação remete, a princípio, a um controle ambiental inadequado da atividade, uma vez que são adotadas como formas de disposição final dos efluentes líquidos a infiltração no solo ou a fertirrigação, principalmente, da cultura da mandioca, sem qualquer critério agrônomo, ressaltando-se que as áreas cultivadas são pequenas e o volume de efluentes gerados elevado o que, a princípio, poderia ser considerado uma prática potencialmente poluidora.

4.2.3 Emissões Atmosféricas

No tocante às emissões atmosféricas, como não há fontes pontuais de geração, sendo estas provenientes da secagem do polvilho ao ar livre e considerando que alguns empreendimentos estão localizados em área urbana, uma forma de se avaliar os efeitos desta técnica em relação à poluição do ar seria o monitoramento da qualidade do ar no entorno do empreendimento, durante determinado período, inclusive tendo em vista a volatilidade do cianeto gerado nas operações de proessamento da mandioca.

POTENCIAL POLUIDOR

5 POTENCIAL POLUIDOR

Visando a estabelecer o potencial poluidor/degradador dessa atividade industrial, são apresentados, neste item, os principais pontos de geração de efluentes líquidos e resíduos na industrialização da mandioca, bem como as respectivas caracterizações destes, tanto aquelas encontradas em literatura quanto as obtidas em análises das amostras de efluentes coletadas nas visitas a empreendimentos localizados na região Sul de Minas e em farinha no Vale do Mucuri.

Basicamente, no decorrer dessas operações, os principais efluentes líquidos gerados são compostos por águas de lavagem das raízes e água da extração do amido, conhecida também por água brava ou vegetal.

Os principais resíduos sólidos são as cascas da mandioca, entrecasca, cepas, além da massa ou farelo.

Tendo sido observado, nas visitas aos empreendimentos, que os processos fabris são similares, assim como o controle ambiental adotado, as unidades industriais para coletas de amostras de efluentes foram escolhidas considerando a principal diferença observada no processamento da mandioca – concentração do leite de amido em centrífugas – no pressuposto de que essa operação poderia gerar diferenças no efluente ao final da decantação e contribuir para elevar o potencial poluidor das águas de lavagem da mandioca, uma vez que são recirculadas para essa operação.

Da mesma forma, apenas dois procedimentos foram observados em relação à destinação dos efluentes líquidos: simples infiltração no solo e aplicação por aspersão em cultura de mandioca ou milho, sendo assim definidas as unidades industriais para a coleta de amostras de solos.

5.1 Efluentes Líquidos

A água de lavagem das raízes é originária dos lavadores/descascadores, contendo em suspensão terra e cascas, que podem ser separadas por decantação e peneiramento. Uma vez separados os sólidos suspensos, contendo ainda em suspensão ou dissolução, baixo teor de matéria orgânica originária das raízes e carregada pela água devido a maceração ou quebra (CEREDA, 2001).

Segundo MAGALHÃES (1993) citado por DA PONTE (2001), a manipueira é originada na operação de prensagem da mandioca para a obtenção de fécula ou de farinha, que, fisicamente, se apresenta na forma de suspensão aquosa e, quimicamente, como uma miscelânea de compostos como goma, glicose e outros açúcares, proteínas, células descamadas, linamarina e derivados cianogênicos, (ácido cianídrico, cianeto e aldeídos), substâncias diversas e diferentes sais minerais.

CEREDA (2001), no entanto, é mais explícita ao caracterizar a manipueira, em relação à origem, como a água de constituição da raiz extraída na prensagem da massa ralada da mandioca, na confecção da farinha, sendo que, na extração da

fécua, a água usada dilui a manipueira, diminuindo sua carga orgânica e o teor de cianeto, mas aumentando enormemente o volume.

Assim, é adotado, neste trabalho, o termo *manipueira* para designar o líquido extraído na prensagem da massa ralada e *água vegetal* para nominar a manipueira diluída com água na extração da fécula. Em ambos os casos, as características podem apresentar diferenças de acordo com a matéria-prima e o nível tecnológico das operações industriais.

A importância desse efluente reside no seu elevado potencial poluidor e elevado volume, pois se trata, segundo PARIZOTTO (1999) citado por INOUE (2008), de despejo cuja concentração de carga orgânica em termos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) pode variar de 3.500 a 7.000 mg/ℓ ou 721 kg de DBO por tonelada de raiz processada. Apresenta ainda pH ácido, situado entre 4 e 5, e seus sólidos totais podem chegar a 5.000 mg/ℓ.

Além disso, podem estar presentes nesse despejo a linamarina, glicosídeo potencialmente hidrolisável a cianeto (JUNIOR, 2001), cuja ingestão ou mesmo inalação de ar por ele poluído constitui sério risco à saúde.

Ressalta-se que esse composto inibe grande número de enzimas, particularmente a oxidase terminal, na cadeia respiratória. O consumo de alimentos que contêm grande quantidade de glicosídeos cianogênicos, não só tem resultado em morte ou efeitos neurológicos crônicos, mas também tem provocado inibição da penetração de iodo na glândula tireóide. Esse é, portanto, o maior risco ao consumo da mandioca, sobretudo de suas folhas (TELES, 1987).

É necessário acrescentar que, segundo AMARAL *et al.* (2007), no Brasil, o tipo de processo de obtenção de fécula, comumente adotado, incorre em perda de quase um terço do amido presente na raiz, o que também pode ser considerado um fator de elevação do potencial poluidor dos efluentes líquidos industriais, principalmente a manipueira, tendo em vista que tal situação contribui para a geração de um despejo mais concentrado em termos de carga orgânica.

A cada tonelada de mandioca processada são gerados, aproximadamente, 300 litros de manipueira na fabricação de farinha de mesa e 600 litros de água residuária de fecularia, com, respectivamente, 130 ppm e 280 ppm de cianeto (LEONEL & CEREDA, 1995; CABELLO, 1991) citados por CABELLO & LEONEL (2001). Ressaltase que, segundo LIMA (2001), a variação do teor de ácido cianídrico está na dependência da variedade da mandioca, das características do solo, do clima, da idade da planta e das práticas culturais.

No entanto, segundo FUKUDA e BORGES (1988) e VALLE (2004), citados por MEZETTE *et al.* (2009), embora a concentração de compostos cianogênicos seja influenciada pelo ambiente, o principal determinante é a composição genética da variedade, sendo possível a classificação das variedades em mansas e bravas.

De acordo com dados de indústrias processadoras do Vietnam do Sul, aplicáveis também ao Brasil, a proporção de resíduos por kg de amido produzido é de 3 kg de sólidos e 12 litros de efluente líquido (HIEN *et al.* citados por JUNIOR, 2001).

No tocante à produção de polvilho doce ou azedo, é preciso considerar a água agregada ao processo, na operação de separação da massa, ocasionando um volume maior de efluente, porém, mais diluído, o que pode representar 60% ou mais do peso da matéria-prima processada (WOSIACKI & CEREDA, 2002).

Cabe ainda ressaltar que, mais diluída, a água vegetal, por apresentar maior volume em relação ao mesmo efluente originário de farinheiras, é portadora de cargas orgânicas mais baixas (CEREDA, 2001).

A presença desse efluente em corpos hídricos pode causar depleção nos níveis do oxigênio dissolvido no meio, criando condições adversas à sobrevivência da biota aquática, uma vez que, para degradar a matéria orgânica afluyente, o corpo receptor se vê obrigado a disponibilizar seu oxigênio, proporcionando o processo de oxidação do material. Evidentemente, que tais efeitos variam conforme a capacidade de autodepuração do corpo hídrico e da vazão dos despejos.

Para a água de lavagem de raízes, se adotado um valor de DBO_5 de 360 mg/L, a carga orgânica estimada corresponderá a 2,16 kg DBO_5 /t, o que representa um equivalente populacional de quarenta habitantes por tonelada de mandioca processada. Quanto à manipueira, que apresenta um potencial mais elevado de matéria orgânica, adotando-se uma DBO_5 de 3.784 mg/ℓ a carga orgânica será equivalente a 22,7 kg DBO_5 /t de mandioca ou um equivalente populacional de quatrocentos e vinte habitantes (LIMA, 2001).

Considerando-se a produção anual de mandioca do país em torno de 230 milhões de toneladas, das quais 80% são processadas em farinheiras e fecularias, o potencial poluidor da manipueira gerada corresponde, em termos de carga orgânica, ao esgoto doméstico gerado por um número de aproximadamente $5,1 \times 10^9$ habitantes (JUNIOR, 2001).

Segundo INOUE (2008), é um efluente complexo contendo minerais e materiais orgânicos potencialmente aproveitáveis, conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 5. 1 - Caracterizaçãoda manipueira gerada pelo processamento do amido de mandioca.

Características (mg/ℓ)	Feiden (2001)	Parizotto (1999)	Anrain (1983)
DQO	11.484	11.363	6.153
Nitrogênio	420	-	123
Fósforo	74	41	24
Potássio	1.215	1.305	35
Enxofre	9	-	1
Cianeto Total	19	-	-
Cianeto Livre	10	-	-
Sólidos Totais	9,2	14,8	49,51
Sólidos Voláteis	2,58	-	5,47
Sólidos Fixos	2,8	-	5,47

Fonte: Inoue (2008).

Essas características, segundo LEONEL & CEREDA (1996), citadas por INOUE (2008) elevam o custo para o tratamento das águas residuárias, tornando-o pouco viável para as indústrias de médio e grande porte e totalmente inviável para as pequenas indústrias, sendo de suma importância pesquisar formas de aproveitamento desses efluentes.

5.2 Resíduos Sólidos

Basicamente, os resíduos sólidos gerados nas operações de processamento da mandioca são compostos por casca marrom, entrecasca, descarte, crueira, fibra, bagaço e varredura (CEREDA, 2001).

Embora mencionadas separadamente, a casca marrom – tecnicamente, a periderme - e a entrecasca – parênquima cortical – podem ser consideradas, segundo CEREDA (2001), como um só resíduo, tendo em vista a realidade da indústria, uma vez que, com a casca, pode sair certa quantidade de entrecasca. A quantidade desses resíduos varia de 2 % a 5% do peso total das raízes.

O descarte, também denominado cepa ou “calcanhar”, resíduo resultante da colheita, corresponde àquela fração composta por pequenos segmentos caulinares e de pedúnculos radiculares, unidos à maniva-mãe. Sua qualidade e, conseqüentemente, a quantidade gerada irá depender de vários fatores como a fertilidade do solo, a época da colheita, as diferenças genótípicas e a interação destas com as condições ambientais prevalecentes (SAGRILO *et al.*, 2001).

A crueira ou farinhão, gerada na produção de farinha de mandioca, é composta por materiais retidos nas peneiras – pedaços de raízes, entrecasca – antes de levada ao forno (CEREDA, 2001). De acordo com a quantidade (em quilogramas) de raízes, a crueira pode corresponder a até 24% dos resíduos (SEBRAE, 2011).

Quanto à massa, trata-se de material fibroso da raiz, gerado na etapa de separação da fécula e que ainda contém o amido que não foi possível extrair.

5.3 Emissões Atmosféricas

Na indústria brasileira de amido de mandioca, a utilização de lenha como fonte única de fornecimento de energia para secagem é a situação dominante. Em seguida surge o bagaço de cana-de-açúcar, entretanto, só utilizado pelas fecularias que estão próximas às usinas/destilarias.

O óleo BPF também encontra certa utilização no setor, mas sempre como forma alternativa à lenha, uma segurança no abastecimento energético da fábrica (EMBRAPA, 2003). Nos empreendimentos que se utilizam deste tipo de combustível para a geração do calor necessário à secagem da fécula, os principais poluentes são o dióxido de carbono, material particulado e óxidos de nitrogênio.

Quanto à produção artesanal de polvilho, que é a forma predominante em Minas Gerais, a secagem do produto é realizada ao ar livre, utilizando-se a energia solar diretamente. Não há queima de combustível para a geração de energia e/ou aquecimento. As emissões atmosféricas se resumem à dispersão do produto no ar pela ação dos ventos, além de odores característicos.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1 Efluentes Líquidos

As amostras dos efluentes líquidos geradas em fábricas de polvilho, utilizadas para caracterização em laboratório, foram coletadas em três unidades industriais, localizadas na região Sul de Minas. Em 29-4-2010, a coleta foi realizada no município de Conceição dos Ouros.

No processo fabril da empresa 13, após as operações de trituração e separação da massa, a manipueira é submetida à centrifugação, para concentração do leite de amido, sendo que o efluente gerado na operação é retornado para utilização na lavagem da mandioca. O leite com amido mais concentrado é, então, submetido à decantação para obtenção do polvilho doce, gerando como efluente final a água vegetal.

Nas unidades industriais das empresas 4 e 25 não há operação de centrifugação, sendo o leite obtido nas GLs enviado diretamente ao peneiramento e decantação.

Em relação à empresa 4, as águas de lavagem da mandioca são lançadas em curso d'água, após retenção de sólidos em peneira.

No caso da empresa 25, todos os efluentes líquidos são misturados em um tanque de concreto e enviados para aspersão no solo.

Em 11-11-2009, foram também coletadas amostras de efluentes líquidos em uma casa de farinha, na localidade de Pedra do Chifre, município de Itaipé, no Vale do

Mucuri. Nesse caso, os efluentes são lançados aleatoriamente no solo, nas proximidades da tenda.

A caracterização das águas residuárias foi realizada no Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola – DEA da UFV, à exceção das análises das concentrações de cianeto total e cianeto livre que foram realizadas no laboratório da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC.

Os parâmetros determinados foram: pH; condutividade elétrica, utilizando condutivímetro; Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, pelo método de Winkler, Demanda Química de Oxigênio - DQO, em condensador, pelo método do refluxo aberto; potássio e sódio por fotometria de emissão de chama; cálcio e magnésio por titulação com EDTA; nitrogênio total e fósforo por colorimetria; sólidos totais, após secagem, em estufa, a 103°-105 °C; sólidos fixos totais, após combustão em mufla, a 550°-600 °C; sólidos voláteis totais, mediante a diferença entre os totais e os fixos; sólidos sedimentáveis em cone de Imhoff, sendo todas as análises efetuadas segundo APHA (1995), à exceção do nitrogênio total cuja quantificação foi realizada utilizando-se o método de Kjeldahl com a adição de ácido salicílico (MATOS, 2006).

Os resultados de todas as análises são mostrados no Anexo A, sendo os valores médios listados nas Tabelas 5.2 e 5.3.

Tabela 5. 2 - Caracterização da água vegetal, (Valores médios).

Características (mg/ℓ)	Empresa 4	Empresa 13	Empresa 25 *	Farinheira Itaipé**
DQO	8.500	15.993	26.800	75.560
DBO	6782	8.179.	6.235	15.220
pH	4,27	5,79	4,28	5,48
CE	1.227	1.921	2.018	6.346
Ca + Mg	2,69	5,57	3,8	813
Nitrogênio	121,7	371,77	194,4	1.464,4
Fósforo	30,95	114,25	61,87	13,5
Potássio	143,5	560,00	610	2.850
Cianeto Total	15,16	28,74	5,27	36,42
Cianeto Livre	10,65	20,71	0,55	34,06
Sólidos Totais	11.288	22.399	6.502	128.05
Sólidos Voláteis	10.215	18.099	4.637	114.012
Sólidos Fixos	1073	4.300	1.865	14.047

* água vegetal + água de lavagem das raízes

**manipueira – 1 amostra

Tabela 5. 3 - Caracterização das águas de lavagem (valores médios).

Características (mg/ℓ)	Empresa 4	Empresa 13*	Empresa 25**	Farinheira Itaipé***
DQO	4.560	16.580	26.800	1.940
DBO	1.746	7.482	6.235	137
pH	5,75	6,29	4,28	4,66
CE	150,29	1601	2.018	340,1
Ca + Mg	0,71	6,54	3,8	27,4
Nitrogênio	14,21	323	194,4	131,8
Fósforo	5,7	92,8	61,87	0,45
Potássio	31,25	482,5	610	50
Cianeto Total	1,52	26,60	5,27	2,32
Cianeto Livre	1,36	16,26	0,55	2,27
Sólidos Totais	2.754,5	1913	6.502	4.360
Sólidos Voláteis	2.203	16.196,5	4.637	3.867
Sólidos Fixos	551,5	3.118,5	1.865	493

* água vegetal + água de lavagem das raízes

** água vegetal + água de lavagem das raízes + águas de limpeza

***manipueira – 1 amostra

5.4.2 Solos

As primeiras amostras de solos foram coletadas, em 19-11-2009, em terrenos de propriedade de duas empresas, localizadas nos municípios de Conceição dos Ouros e Cachoeira de Minas.

No terreno da empresa 13, como mostrado na Figura 5.1, os efluentes líquidos são enviados, por meio de vala, de 1,2 m de profundidade, para disposição no solo por infiltração. Na vala, foram coletadas três amostras de solos a 0,5, 1,0 e 1,5 m de profundidade. As amostras foram compostas pela mistura de cinco amostras simples.



Figura 5. 1 - Vala de efluentes à direita.

Amostras também foram coletadas a 1,0, 2,0 e 3,0 m de distância da vala, nas profundidades de 0,5 e 1,2 m (Figura 5.2). Também nesse caso, cada amostra foi composta por cinco amostras simples. Cabe registrar que a área total, da qual as amostras foram retiradas, perfaz, aproximadamente, 200 m².

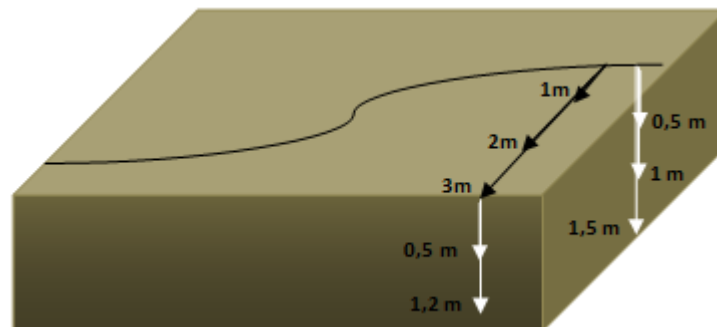


Figura 5. 2 - Representação esquemática da coleta de solo.

- Amostra 1 (vala) → 0,5m de profundidade
- Amostra 2 (vala) → 1,0m de profundidade
- Amostra 3 (vala) → 1,5m de profundidade
- Amostra 4 → 0,5m (1m da vala)
- Amostra 5 → 0,5m de profundidade (2m da vala)
- Amostra 6 → 0,5m de profundidade (3m da vala)
- Amostra 7 → 1,2m de profundidade (1m da vala)
- Amostra 8 → 1,2m de profundidade (2m da vala)
- Amostra 9 → 1,2m de profundidade (3m da vala)

No terreno pertencente à empresa 25, mostrado na Figura 5.3, foram coletadas 10 amostras nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, para composição de duas amostras correspondentes a cada profundidade, perfazendo a área total da coleta, aproximadamente, 3.000 m². A fertirrigação no terreno vem sendo realizada há quatro anos, em sistema de rodízio entre as culturas de feijão, mandioca e milho.



Figura 5. 3 - Fertirrigação na empresa 25.

Em 4-8-2010, novas coletas de amostras de solos foram realizadas, ressaltando-se o fato de que o terreno da empresa 25, no qual foram realizadas as primeiras coletas, no município de Cachoeira de Minas, estava ocupado por cultura de milho e o solo apresentava-se excessivamente seco, o que dificultou os trabalhos, permitindo a coleta de amostras apenas na profundidade de 0 a 20 cm. Nesse caso, também foram coletadas 10 amostras simples para a composição da amostra submetida à análise.

De forma similar, o terreno da empresa 13 apresentava-se ocupado por cultura de mandioca, tendo sido a coleta realizada na margem oposta às das primeiras coletas realizadas em 19-11-2009. Entretanto, tendo em vista condições favoráveis do solo para penetração do trado, foram coletadas 10 amostras simples nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, para a composição das duas amostras analisadas.

Em 4-8-2010, no terreno pertencente à empresa 4, Figura 5.4, foram coletadas 10 amostras simples, para composição de 2 amostras compostas, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, em local no qual a manipueira é disposta em valas escavadas em curvas de nível. Além disso, foram coletadas duas amostras, também nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, em local mais afastado, em solo que não recebe efluente para fins de comparação dos efeitos da aplicação de manipueira.



Figura 5. 4 - Terreno/Empresa.

As análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Resíduos Sólidos do DEA/UFV e no laboratório do CETEC.

Os solos foram secos ao ar, destorroados, passados em peneira de malha 2 mm, tendo sido incluídas, em sua caracterização as análises de pH em água; condutividade elétrica (CE), com água destilada na proporção 1:2,5, utilizando-se condutivímetro; quantificação das concentrações de potássio e sódio trocáveis, com extrator de Mehlich-1 e determinação por fotometria de chama; cálcio e magnésio trocáveis por extração com KCl 1 mol/l e titulação com EDTA 1 mol/l; acidez trocável por titulação, utilizando-se como solução extratora o KCl 1 mol/l (EMBRAPA, 1997); acidez potencial por titulação, utilizando-se como solução extratora o acetato de cálcio 0,5 mol/l (DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, 1997).

A capacidade de troca catiônica efetiva foi determinada pela soma de bases (S_B) mais acidez trocável ($S_B = K + Ca + Mg + Na) + Al^{3+}$). A capacidade de troca catiônica a pH 7 foi determinada pela soma de bases (SB) mais acidez potencial.

Duas amostras da massa da mandioca foram coletadas na unidade industrial da empresa, sendo uma diretamente na peneira GL e outra do material já seco e granulado.

Os resultados das análises da concentração de cianeto livre e total nas amostras são mostrados na Tabela 5.4.

É interessante atentar para a diferença na concentração de cianeto livre e total entre as amostras seca e úmida, o que pode ser uma indicação da eficiência dos efeitos dos raios solares na remoção deste elemento, uma vez que a secagem da massa também é realizada ao ar livre.

Tabela 5. 4 - Massa de mandioca – Empresa 4.

Variáveis	Amostra úmida	Amostra seca
Cianeto livre (mg/kg)	7,12	* < 2,5
Cianeto total (mg/kg)	17,32	< 2,5

* Limite de detecção do método

DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

6.1 Efluentes líquidos

A comparação dos resultados obtidos nas análises laboratoriais realizadas em amostras de efluentes com os limites de lançamento definidos pela legislação ambiental vigente tem como objetivo precípuo contribuir para uma avaliação adequada do potencial poluidor da atividade. Como os empreendimentos analisados não dispõem de estações de tratamento de efluentes – ETEs, não serão considerados os percentuais de redução para Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO e Demanda Química de Oxigênio - DQO, conforme determina a Deliberação Normativa - DN Conjunta COPAM/CERH/MG nº 01, de 5 de maio de 2008.

Os resultados de todas as análises realizadas em amostras de águas de lavagem, manipueira e água vegetal são listados em Anexo, sendo as faixas de valores para a DQO e DBO mostradas nas Tabelas 6.1 e 6.2.

Os valores determinados para a concentração da DQO exclusivamente para as águas de lavagem da matéria-prima variaram de 1.272 a 7.848 mg/l, portanto, significativamente superior ao limite fixado na DN COPAM/CERH nº 01/2008, que corresponde a 180 mg/l.

Cabe registrar que essas águas não são misturadas com água vegetal recirculada. Quando ocorre recirculação de parte da água vegetal para a lavagem das raízes, esses valores variam de 6.235 a 26.800 mg/l.

Quando se analisam os demais valores desse parâmetro, determinados para a manipueira coletada em casa de farinha e somente água vegetal de indústria de polvilho, verifica-se uma discrepância mais acentuada, tendo sido determinado o valor de 75.560 mg/l para o primeiro despejo e uma faixa de variação de 7.200 a 9.800 mg/l para o segundo.

Tabela 6. 1 - Concentração de DBO e DQO nas águas de lavagem.

Características (mg/l)	Empresa 4	Empresa 13*	Empresa 25**	Farinheira Itaipé
DBO	617 -- 2.875	6.955 – 8.009	6.235	137
DQO	1.272 -7.848	11.600 -21.560	26.800	1.940

Tabela 6. 2 - Concentração de DBO e DQO na água vegetal.

Características (mg/l)	Empresa 4	Empresa 13*	Empresa 25**	Farinheira Itaipé
DBO	4 568-8996	7 632 - 8727	6 235	15 220
DQO	7 200 – 9 800	15 000 – 16 987	26 800	75 560

Em relação à DBO, os valores determinados variaram de 137 a 15.220 mg/l, cabendo ressaltar que o menor valor refere-se à água na qual a mandioca fica imersa antes de ser prensada, em tenda de farinha. Neste caso específico, não há contribuição de parte da água vegetal - o que contribuiria para o aumento da concentração deste parâmetro - mas sim, apenas água proveniente de nascente, devendo tal valor ser atribuído à incorporação de sujidades. Quanto ao valor de 15.220 mg/l, este se refere à manipueira de casa de farinha, líquido mais concentrado, proveniente diretamente da prensagem da mandioca.

No tocante à água vegetal da fabricação de polvilho, os valores da concentração da DBO experimentaram uma variação de 4.568 mg/l a 8.896 mg/l.

Quando todos estes valores são comparados ao limite de lançamento estabelecido na legislação estadual de Minas Gerais (60 mg/l), fica evidenciada mais uma característica importante relativa ao potencial poluidor da atividade.

Quanto ao pH, os valores determinados, variando de 4,26 a 6,45, mostrados nas Tabelas 6.3 e 6.4, corroboram a natureza ácida desses efluentes, sendo que 67% dos valores estão fora do padrão de lançamento estabelecido pela DN Conjunta COPAM/CERH – MG Nº 01/2008 que estabelece valores entre 6,0 e 9,0.

Tabela 6. 3 - Valor do pH em águas de lavagem.

Características (mg/l)	Empresa 4	Empresa 13*	Empresa 25**	Farinheira Itaipé
pH	5,50-6,01	6,14-6,45	4,28	4,66

Tabela 6. 4 - Valor do pH na água vegetal.

Características (mg/l)	Empresa 4	Empresa 13*	Empresa 25**	Farinheira Itaipé
pH	4,26-4,28	5,56-6,03	4,28	5,48

A incompatibilidade com os padrões de lançamento da legislação também fica evidenciada no que concerne aos sólidos em suspensão totais e sólidos sedimentáveis, para os quais foram determinados valores para o primeiro parâmetro variando de 492 a 7.800 mg/l (sendo padrão legal de lançamento de até 100mg/ l) e de 6,0 a 150 mg/l para o segundo para o qual o padrão de lançamento é de 1ml/ l.

Embora não conste na relação dos poluentes para os quais são fixados padrões de lançamento na DN Conjunta COPAM/CERH Nº 01/2008, o nitrato e o sulfato têm sua presença limitada nas diversas classes da coleção das águas, principalmente devido à sua importância no que tange à saúde pública, o que torna relevante destacar os resultados obtidos nas análises laboratoriais.

No caso do nitrato, sua presença nas águas é normalmente associada a esgotos domésticos, a utilização de adubos na agricultura, a produtos de rejeição da criação de animais e de sistemas sépticos deficientes, podendo ser altamente prejudicial para a saúde humana.

Teores acima dos 5 mg/l podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea. É sabido que o principal efeito decorrente da sua ingestão através de águas contaminadas se relaciona à sua capacidade de reduzir o transporte de oxigênio pelo sangue, dando origem à doença denominada cianose, podendo levar ao óbito principalmente crianças, além de ação na produção de nitrosaminas no estômago do homem, que são substâncias tidas como sendo cancerígenas (E-GEO, 2011).

Dessa forma, cabe o registro de que as concentrações presentes nas amostras, embora não apresentem, a princípio, valores significativos, elas podem ser prejudiciais quando se considera as condições locais e a carga gerada, face à proporção de efluentes líquidos por tonelada de mandioca processada.

Além dos parâmetros mencionados, foram analisadas as concentrações de nitrogênio total, fósforo, potássio, sódio, cálcio e magnésio, além de condutividade elétrica, tendo em vista que a presença destes elementos potencializa a capacidade de tais efluentes causarem eutrofização em ambientes aquáticos e, principalmente, o fato de serem dispostos no solo, tanto para simples infiltração como para fertilirrigação de diversas culturas.

Uma característica peculiar destes efluentes é a presença de substâncias facilmente hidrolisáveis a cianeto, a linamarina (aproximadamente 80% dos glicosídeos totais) e a lotaustralina que são os principais glicosídeos cianogênicos presentes na mandioca (ZAMBON *et al.*, 2010).

A linamarina, assim como outros glicosídeos cianogênicos, é facilmente hidrolisável por betaglicosidases originando a cianoidrina. Esta, por sua vez é hidrolizada pela hidroxinitrila-liase em HCN e acetona. Ambas as enzimas estão presentes no tecido vegetal e são liberadas quando a célula é lesada. Assim, a expressão conteúdo em ácido cianídrico na mandioca deve ser entendida como potencial, pois o HCN não se apresenta na forma livre em nenhuma planta até que o glicosídeo seja quebrado (NUNES, 1988 citado por SEBRAE, 2009)

Os compostos de cianeto, dos quais pode ser obtido o CN^- , são classificados como cianetos simples e complexos. Os cianetos simples constituem a combinação do CN^- com um álcali (sódio, potássio, amônia) ou um metal. Os cianetos complexados são constituídos de CN^- e metais alcalinos (ORSINE, 2002).

Segundo CAGNON *et al.* (2002), citados por CAMPOS *et al.* (2010), a forma tóxica do cianeto é a livre (CN^-) ou do seu ácido (HCN), sendo que a linamarina ligada é dosada como cianeto total (ligado ou potencial), e para analisar o cianeto livre (fração tóxica) é preciso hidrolisar a linamarina.

Dessa forma, a presença de cianeto total é apresentada como um risco potencial para intoxicação devido à sua capacidade de gerar cianeto livre ou o ácido cianídrico (CAMPOS *et al.*, 2011).

A toxicidade do CN^- é reconhecidamente menor do que a do HCN, sendo normalmente de pouca importância porque a maioria do cianeto livre existe como HCN, uma vez que o pH da maioria das águas naturais é substancialmente menor que o pKa para HCN molecular (ORSINI, 2002).

O cianeto, essencialmente, em sua forma iônica, é facilmente adsorvido pelo material particulado suspenso e sedimento de fundo (PUC, 2011). Já em relação ao ácido cianídrico, quando lançado em água, não é esperado que seja adsorvido a sólidos suspensos ou sedimentos devido à sua alta solubilidade. Pode ainda volatilizar-se a partir da superfície da água, que tem um tempo de semivida de três horas no caso de um rio e três dias no caso de um lago (REMIÃO, 2011).

Só o cianeto em forma de gás (ácido cianídrico – HCN) permanece na atmosfera por vários anos e pode atravessar longas distâncias. A perda de HCN para a atmosfera, bem como a sua destruição química e bacteriológica, concomitantemente com a sua produção, pode prevenir o aumento da concentração de HCN a níveis prejudiciais (ORSINI, 2002).

Segundo REMIÃO (2011), o ácido cianídrico irá existir unicamente como vapor na atmosfera, quando liberado a uma pressão de vapor de 742 mm de Hg a 25 °C e será degradado por reações com radicais hidroxilo produzidos fotoquimicamente, sendo o tempo de semivida desta reação no ar estimado em 535 dias.

A toxicidade dos vários compostos de cianeto depende de sua forma química e de sua constante de estabilidade. Assim, quanto menos estável é o composto, maior o seu grau de toxidez (REVISTA BIOTECNOLOGIA, 2011).

A dose letal de cianeto para o homem varia de 0,5 a 3,5 mg/kg de peso corporal. Substâncias com pequenas quantidades de cianetos na ordem de 18mg/dia de CN⁻ são normalmente toleradas pelo organismo humano, que as transforma rapidamente em íon tiocianato no fígado e as elimina pela urina (Revista Biotecnologia, 2011). Por inalação, uma concentração de 0,3 mg/l no ar mata entre 3 e 4 minutos (REVISTA BIOTECNOLOGIA, 2011)

Sob o ponto de vista de seus efeitos no meio ambiente, a toxicidade dos cianetos para peixes é afetada pela temperatura, oxigênio dissolvido e concentração de minerais em solução. Quanto menor o pH, maior a proporção de HCN não dissociado. A toxicidade dos cianetos também aumenta com o aumento da temperatura. Um aumento na temperatura de 10 °C duplica ou triplica a ação letal. A toxicidade para espécies aquáticas tem sido tomada como 0,025 mg/l CN⁻ Os microorganismos são os mais tolerantes (PUC, 2010).

O cianeto livre, em uma concentração menor que 0,1 mg/l, pode ser tóxico para algumas espécies aquáticas mais sensíveis (REVISTA BIOTECNOLOGIA, 2011)

No âmbito nacional, a Resolução CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011, artigo 16º, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água, limitando o cianeto total a 1,0 mg/l e o cianeto livre em 0,2 mg/l.

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH/MG Nº 01, de 5 de maio de 2008 – que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes e dá outras providências – estabelece o valor de 0,2 mg/l como limite máximo de lançamento para cianeto livre, não havendo referência quanto ao cianeto total.

No Tabela 6.5 estão listados limites internacionais de concentração de cianeto total para descarte de efluentes em diferentes localidades

Tabela 6. 5 - Limites/cianeto total/descarte de efluentes.

Localidade	Cianeto Total (ppm)
África do Sul	0,5
Banco Mundial	1,0
British Columbi, Canadá	0,1 – 0,5
Chile	1,0
Estados Unidos	2,0
México	0,2 - 2
Ontário, Canadá	1,0
Quebec, Canadá	1,5

Fonte: PUC – 2010.

Os resultados determinados nas amostras de efluentes líquidos coletadas durante o desenvolvimento do projeto são apresentados nas Tabelas 6.6 e 6.7.

Tabela 6. 6 - Concentração de cianeto em amostras de águas de lavagem.

Características (mg/ℓ)	Empresa 4	Empresa 13*	Empresa 25**	Farinheira Itaipé
Cianeto total	1,52	26,60	0,55	2,32
Cianeto livre	1,36	16,26	5,27	2,27

* água vegetal + água de lavagem das raízes

**água vegetal + água de lavagem das raízes + águas de limpeza

*** manipueira

Tabela 6. 7 - Concentração de cianeto em amostras de água vegetal e manipueira.

Características (mg/ℓ)	Empresa 4	Empresa 13*	Empresa 25**	Farinheira Itaipé***
Cianeto total	15,16	28,74	0,55	36,42
Cianeto livre	10,65	20,71	5,27	34,06

* água vegetal + água de lavagem das raízes

**água vegetal + água de lavagem das raízes + águas de limpeza

***manipueira

Conforme se verifica, as concentrações de cianeto nas águas de lavagem da mandioca, na água vegetal e na manipueira excedem os limites fixados na legislação ambiental, independentemente da forma apresentada, cianeto livre ou total.

Quando se considera a concentração de cianeto total, os valores determinados nas amostras de efluentes coletadas ultrapassam de 11 a 186 vezes o limite de lançamento fixado na Resolução CONAMA N° 430/2011.

Quando se considera o cianeto livre, os valores variam de 7 a 170 vezes o limite de lançamento fixado pela DN COPAM/CERH N° 01/2008, reiterando-se que esta DN não estabelece limite para cianeto total.

6.2 Solos

A capacidade de troca catiônica - CTC de um solo é a quantidade total de cátions que este solo ou algum de seus constituintes pode adsorver e trocar a um pH específico, em geral pH 7,0. A CTC é devida à superfície específica e às cargas inerentes ou acidentais de colóides eletronegativos, como os minerais de argila, a sílica coloidal e o húmus (AGRITEMPO, 2011).

A CTC é utilizada tanto para a caracterização pedológica como para a avaliação da fertilidade do solo e pode ser determinada direta ou indiretamente. O processo direto baseia-se na saturação do complexo de troca com um cátion-índice, seguida por sua extração e determinação. Indiretamente, pode-se determinar a CTC pela soma de bases trocáveis, extraídas com um extrator apropriado, com a acidez titulável extraída por soluções tamponadas (CAMARGO *et al.*, 1982).

A CTC nada mais é do que a capacidade química do solo em reagir com os minerais (nutrientes) catiônicos (H^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Zn , Mn^{++} , Fe^{++} , Cu^{++} e Al^{+++}), fixando-os, e mantendo-os disponíveis para as plantas, protegendo-os de perdas por lixiviação ou por reações fortes de fixação, que os indisponibilizam (SILVA FILHO & SILVA, 2011).

Na Tabela 6.8, são apresentados os índices da Capacidade de Troca Catiônica – CTC dos solos definidos pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.

Tabela 6. 8 - Índices para classificação da CTC.

Parâmetro (cmolc/dm ³)	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito Bom
CTC - pH7 (T)	≤ 1,60	1,61 – 4,30	4,31 – 8,60	8,61 – 15,00	> 15,00

Fonte: CFSEMG, 1999.

Devido aos elevados teores, comparativamente presentes nos efluentes líquidos desse tipo de empreendimento, conforme os resultados das análises laboratoriais realizadas, o potássio é o principal parâmetro cujos efeitos no solo devem ser analisados de forma mais acurada.

Em termos de fertilidade dos solos, na Tabela 6.9, são apresentados índices genéricos para classificação do potássio trocável, considerando que, para a maioria dos solos de Minas Gerais, o efeito da capacidade tampão para potássio é desprezível e não influencia a eficiência de extração pelo método Mehlich-1 (CFSEMG, 1999).

Tabela 6. 9 - Índices de Potássio trocável no solo.

Parâmetro (cmolc/dm ³)	Baixo	Médio	Alto
K	≤ 0,10	0,11 – 0,30	> 0,30

Fonte:CFSEMG,1999.

O potássio é um elemento que, em solos cultivados, é encontrado em quantidades que variam de 7 a 1.500 kg/ha, mas, desse total, só 1% a 2% (70 a 300 kg) encontra-se em forma trocável ou solúvel, que é a forma assimilável pelas plantas (KORNDÖRFER, 2010).

Por ser um macronutriente de grande mobilidade nos solos, sua lixiviação é favorecida em solos com baixa CTC, presentes em áreas com alta precipitação (UFPI, 2010).

Os resultados das análises das amostras de solos, nos locais onde é feita a simples infiltração do efluente, como no caso da empresa 13, Tabelas 6.10 e 6.11, indicam uma ocupação dos sítios de troca por potássio, em três amostras analisadas, na vala de infiltração, em patamares em torno de 80%, inclusive nas profundidades de 0,80 m e 1,20 m e de 7,3% a 3,0 m da vala e a 0,5 m de profundidade. Ressaltam-se, nestes pontos, os baixos valores da CTC, condição que favorece a lixiviação deste elemento para as águas subterrâneas.

Nos demais pontos amostrados, distantes 1, 2, e 3 m à direita da vala, não foram determinadas concentrações de potássio em valores que possam ser considerados prejudiciais ao solo, sendo que não havia qualquer cultura ocupando a área, por ocasião das coletas. Além disso, nesse local, não houve aplicação direta do efluente no solo.

Tabela 6. 10 - Amostragem de solos – Vala de Infiltração – Empresa 13 (novembro/2009).

Amostra	Ca ²⁺ e Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	K ⁺ (cmol _c /dm ³)	Na ⁺ (cmol _c /dm ³)	Acidez trocável* (cmol _c /dm ³)	pH	CTC	*S _K (%)
1	0,64	3,64	0	0,25	6,70	4,53	80,4
2	0,52	3,13	0	0,25	6,30	3,90	80,3
3	0,44	2,52	0	0,05	6,25	3,01	83,7
4	1,20	0,04	0	0,00	6,25	1,24	3,2
5	0,76	0,02	0	0,25	6,00	1,03	1,9
6	0,56	0,06	0	0,20	5,45	0,82	7,3
7	0,52	0,02	0	0,25	5,70	0,79	2,5
8	0,28	0,02	0	0,15	6,00	0,45	4,4
9	0,52	0,02	0	0,20	5,50	0,74	2,7

* S_K – Saturação por potássio

Tabela 6. 11 - Amostragem, de solos – Fertirrigação – Empresa 13 (abril/2010).

Amostra	Ca ²⁺ e Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	K ⁺ (cmol _c /dm ³)	Na ⁺ (cmol _c /dm ³)	Acidez trocável* (cmol _c /dm ³)	PH	CTC	Sk(%)
13	1,20	0,484	0,087	0,833	6,63	2,60	18,62
14	1,16	0,451	0,087	0,294	6,10	1,99	22,66

No mesmo local, entretanto, à esquerda da vala, onde os efluentes são dispostos em lavoura de feijão, foi determinada uma CTC de 2,60, com saturação de potássio

de 18,62%, na camada de 0 a 20 cm (amostra 13) e uma CTC de 1,99, com 22,66% de saturação por potássio, na camada de 20 a 40 cm (amostra 14), caracterizando outra situação potencialmente prejudicial, face à possibilidade de lixiviação deste elemento para a água subterrânea. Nessa faixa do terreno ocorre a aplicação dos efluentes por meio de sulcos.

Cabe registrar que a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais CFSEMG, ao definir as doses de vinhaça – efluente igualmente rico em potássio – a serem aplicadas no solo, considera uma saturação de 5% a 6% da CTC do solo por potássio como limite a partir do qual podem ocorrer problemas relacionados ao desequilíbrio nutricional do solo, dispersão da argila e lixiviação de íons para águas subterrâneas.

O COPAM, em sua Deliberação Normativa N.º 164/2011 (que estabelece normas complementares para usinas de açúcar e destilarias de álcool, referentes ao armazenamento e aplicação de vinhaça e águas residuárias no solo agrícola), ao definir a dose de águas residuárias a ser aplicada no solo, estabelece esta saturação por potássio em 5% da CTC do solo.

No terreno da empresa 25, em solo no qual é feita a fertirrigação, nas amostragens realizadas em novembro/2009, na camada de 0 a 20 cm (Amostra 10), a CTC determinada foi de 1,04, com saturação por potássio de 29,8% e, na camada de 0 a 40 cm (Amostra 11), a CTC foi de 1,30, com saturação de 32,30% de potássio.

Tabela 6. 12 - Solos – Empresa 25 (novembro/2009).

Amostra	Ca ²⁺ e Mg ²⁺ (cmol _c /dm)	K ⁺ (cmol _c /dm)	Na ⁺ (cmol _c /dm ³)	Acidez trocável* (cmol _c /dm ³)	pH	CTC	Sk(%)
10	0,68	0,31	0,00	0,05	6,20	1,04	29,8
11	0,68	0,42	0,00	0,20	5,6	1,30	32,3

Sk = Saturação por potássio

Em nova amostragem, realizada em abril/2010 conforme Tabela 6.12, na camada de 0 a 20 cm (Amostra 12), foi determinada uma CTC de 1,71, com saturação de 22,2% de potássio.

Tabela 6. 13 - Solos – Empresa 25 (abril/2010).

Amostra	Ca ²⁺ e Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	K ⁺ (cmol _c /dm ³)	Na ⁺ (cmol _c /dm ³)	Acidez trocável* (cmol _c /dm ³)	pH	CTC	Sk(%)
12	1,24	0,379	0,087	0,294	6,6	1,71	22,2

Em relação à empresa 4, Tabela 6.13 os resultados das análises das amostras de solos indicam uma CTC de 1,92, com saturação por potássio de 58,85%, na camada de 0 a 20 cm (Amostra 15), e uma CTC de 1,97, com saturação potássica de 59,90% (Amostra 16).

Tabela 6. 14 - Solos – Empresa 4 (julho/2010).

Amostra	Ca ²⁺ e Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	K ⁺ (cmol _c /dm ³)	Na ⁺ (cmol _c /dm ³)	Acidez trocável* (cmol _c /dm ³)	pH	CTC	Sk(%)
15	0,32	1,13	0,174	0,30	3,24	1,92	58,85
16	0,60	1,18	0,087	0,10	5,84	1,97	59,90

Feitas estas considerações, os resultados das análises da concentração de potássio, em amostras de solos nos quais as águas residuárias das fábricas de polvilho são dispostas, poderiam indicar, a princípio, uma disponibilidade excelente deste elemento, prenunciando uma fertilidade acima da considerada alta, conforme os índices de classificação da Tabela 6.9. Entretanto, quando se considera a ocupação do potássio nos sítios de troca, associada aos baixos valores da CTC, ficam evidenciadas diversas situações potencialmente prejudiciais ao meio ambiente, haja vista percentuais variando de 18,62% a 59%, com valores de 3,0 a 13,0 vezes acima daquele considerado como limite a partir do qual efeitos deletérios são iminentes, como contaminação de águas subterrâneas.

No tocante ao cianeto, nas amostras de solos analisadas, mostradas nas Tabelas 6.14 6.15 e 6.16, as concentrações ficaram abaixo do limite de detecção do método, à exceção das amostras coletadas no terreno da Empresa 4. Neste caso, provavelmente devido ao fato das coletas das amostras terem sido realizadas durante a safra, com plena produção e, conseqüentemente, com aporte constante de efluentes no local.

Os cianetos geralmente não são transportados para a água subterrânea a menos que exista em grandes concentrações no solo provenientes de um despejo ou disposição pontual de resíduos e que seja lixiviado por um expressivo fluxo de água em solo permeável. Tanto na água como no solo, em condições de $\text{pH} < 7,0$, forma-se HCN que se dissipa para a atmosfera. Assim, em solos ácidos, o cianeto volatiliza-se na forma de HCN (ORSINI, 2002).

O cianeto é móvel o suficiente para, no subsolo, em grandes concentrações, atingir o lençol freático. Antes, porém, pode decompor-se quimicamente de forma lenta e gradual ou ser degradado por microorganismos. Em solos básicos, em condições de $\text{pH} > 7,0$, o cianeto é mais estável e menos móvel, podendo reagir com outros compostos no solo, formando espécies menos tóxicas. Compostos de cianeto solúveis, tais como o de potássio, apresentam baixa adsorção no solo com alto pH , contendo carbonato ou com baixo conteúdo de argila. Entretanto, espera-se que em solos com $\text{pH} < 9,2$ o cianeto comece a se transformar em HC, volatilizando das camadas superficiais para a atmosfera. Compostos insolúveis de cianeto, como sais de cobre e prata, podem ser adsorvidos no solo e nos sedimentos e geralmente apresentam biodegradação potencial. O cianeto reage com compostos no solo convertendo-se em dióxido de carbono e amônia ou outros compostos contendo nitrogênio (ORSINI, 2002).

Tabela 6. 15 - Solos – Empresa 13 – cianeto

Amostra	Variável	Concentração – mg/Kg
1 - 9	Cianeto total	< 2,5
	Cianeto livre	< 2,5

Tabela 6. 16 - Amostragem de solos – Empresa 25 - cianeto.

Amostra	Profundidade	Variável	Concentração (mg/Kg)
10	0 – 20 cm	Cianeto total	< 2,5
		Cianeto livre	< 2,5
11	20 – 40 cm	Cianeto total	< 2,5
		Cianeto livre	< 2,5

Tabela 6. 17 - Solos – Empresa 4 - cianeto .

Amostra	Variável	Concentração (mg/Kg)
15 (0-20 cm)	Cianeto total	< 2,5
	Cianeto livre	< 2,5
16 (20-40 cm)	Cianeto total	6,18
	Cianeto livre	3,72

Em relação às variáveis Ca, Mg, Na, condutividade elétrica e P, os valores determinados nas amostras de efluentes líquidos são considerados baixos, à exceção do cálcio + magnésio presentes na amostra de manipueira coletada na casa de farinha, o que se justifica pelo fato de se tratar de efluente com elevada concentração, que não passou por qualquer operação fabril após sua extração.

A presença desses elementos nas amostras de solos também não é considerada significativa, podendo-se atribuir os valores da condutividade elétrica principalmente à contribuição do potássio na concentração dos sais.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

7 LEGISLAÇÃO

A Constituição Federal, em seu art. 23, determina que a tarefa de defesa do meio ambiente deve ser exercida por todas as pessoas de direito público interno, em igualdade de condições e responsabilidades. Para o exercício dessa competência, a Lei Maior brasileira não estabeleceu hierarquia; portanto, os Estados, os Municípios, a União e o Distrito Federal gozam da mesma capacidade para proteger e preservar o meio ambiente e para possibilitar o exercício dessa faculdade são necessárias normas, ou seja, cada ente público terá que estabelecer os seus próprios princípios normativos, por meio dos quais fixam as regras de conduta para a proteção, permissão e uso dos recursos ambientais no âmbito de suas jurisdições em conformidade com a Constituição Federal (FEAM, 2003).

A Lei Federal Nº 6938/81, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente, tornou o Licenciamento Ambiental obrigatório em todo o território nacional e atribuiu aos Estados a competência de licenciar as atividades localizadas em seus limites regionais, sendo que de acordo com a Resolução CONAMA Nº 237/97, os órgãos estaduais podem delegar essa competência, em caso de atividades com impactos ambientais locais, ao município, (FIRJAN, 2011).

O licenciamento ambiental é o instrumento capaz de garantir ao empreendedor o reconhecimento público de que suas atividades estão sendo desenvolvidas em conformidade com a legislação ambiental e em observância à qualidade ambiental (ANTAQ, 2011).

No exercício da sua prerrogativa de estabelecer a sua base legal para o licenciamento ambiental, cada unidade da Federação define seus critérios de classificação das atividades modificadoras do ambiente, considerando, via de regra, fatores como o porte, potencial poluidor, número de empregados, capacidade instalada e área útil, não necessariamente de forma simultânea.

No caso da industrialização da mandioca para a produção de farinha, fécula e seus derivados, por exemplo, no Estado do Pará, maior produtor de mandioca do país, esta atividade é classificada, conforme a Resolução COEMA nº 062/2008, para fins de licenciamento ambiental, considerando a produção mensal em quilogramas, o que define os portes dos empreendimentos como micro, pequeno, médio, grande, excepcional e macro e o potencial poluidor da atividade considerado médio.

No Estado do Paraná, principal produtor de fécula do País, as indústrias de farinha de mandioca com capacidade instalada de até 500 kg/d são passíveis de licenciamento ambiental simplificado, conforme determina a Resolução CEAM Nº 72/2009. Os demais empreendimentos são classificados, segundo a área construída, em pequeno, médio, grande e excepcional.

No Rio Grande do Sul, conforme Resolução CONSEMA Nº 102/2005, as fábricas de produtos derivados da mandioca com área útil abaixo de 250 m² são considerados de impacto ambiental local e sua regularização fica sob responsabilidade do

município. O potencial poluidor da atividade é considerado alto. Os demais são classificados conforme a área útil em pequeno, médio, grande e excepcional.

No Estado do Rio de Janeiro, conforme a Resolução CONEMA nº 23/2010, que classifica as atividades poluidoras, o potencial poluidor da fabricação de produtos da mandioca é considerado médio e o porte dos empreendimentos é definido considerando o número de empregados e a área total construída.

Cabe ainda registrar que a Resolução CONAMA nº 385/2006 – que estabelece procedimentos a serem adotados para o licenciamento ambiental de agroindústrias de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental – estabelece em seu art. 2º como agroindústria de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental todo estabelecimento que tenha área construída de até 250 m² e beneficie e/ou transforme produtos provenientes de explorações agrícolas, até processos que incluem operações físicas, químicas ou biológicas, de baixo impacto sobre o meio ambiente.

Nos exemplos mencionados, embora nas referências para definição do porte dos empreendimentos sejam considerados o número de empregados, área construída ou capacidade instalada, não há uniformidade na adoção dos critérios de enquadramento, tampouco no que concerne à definição do potencial poluidor.

7.1 Regularização ambiental no estado de Minas Gerais

A Legislação Ambiental em Minas Gerais, com vista à regularização de empreendimentos ou atividades potencialmente poluidores e/ou degradadores do ambiente, considera sua classificação nos termos da Deliberação Normativa COPAM Nº 74, de 9 de setembro de 2004, segundo os parâmetros porte e potencial poluidor. Esse enquadramento está apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Enquadramento de empreendimentos nos termos da DN Nº 74/2004.

Classe	Porte e Potencial Poluidor
1	Pequeno porte e pequeno ou médio potencial poluidor
2	Médio porte e pequeno potencial poluidor
3	Pequeno porte e grande potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor
4	Grande porte e pequeno potencial poluidor
5	Grande porte e médio potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor
6	Grande porte e grande potencial poluidor

Fonte: COPAM, 2004.

Para os empreendimentos enquadrados nas classes 1 e 2, considerados de impacto ambiental não significativo, é obrigatória a obtenção da Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF).

Para as demais classes (3 a 6), a regularização ambiental ocorre mediante o processo de licenciamento, com o requerimento das Licenças Prévia (LP), de Instalação (LI) e de Operação (LO) (SEMAD, 2009).

Conforme já mencionado, os critérios de classificação para as atividades de produção de polvilho e farinha de mandioca, quanto ao porte e potencial poluidor/degradador, à luz da DN COPAM Nº 74/2004, se resumem ao número de empregados e área construída, sendo enquadradas no código D-01-14-7 – Fabricação de produtos alimentares, não especificados ou não classificados.

Entretanto, os parâmetros utilizados para essa classificação não expressam a situação real da atividade, no que tange ao seu potencial poluidor, além de dificultar sua quantificação e identificação da distribuição espacial no Estado.

Considerando a situação atual dos empreendimentos produtores de derivados da mandioca, no Estado de Minas Gerais, este estudo teve o objetivo principal de conhecer o real potencial poluidor da atividade, possibilitando a adoção de critérios mais seguros para seu licenciamento, mediante sua inserção em um código específico na DN nº 74/2004.

7.2 Proposta de código da atividade de industrialização da mandioca para fins de regularização ambiental

O equivalente populacional - EP é um importante parâmetro caracterizador dos despejos industriais porque ele traduz a equivalência entre o potencial poluidor de uma indústria – em termos de matéria orgânica – e uma determinada população que produz essa mesma carga poluidora. Portanto, quando se diz que uma indústria tem um EP de 20.000 habitantes, equivale a dizer que a carga de DBO do efluente industrial corresponde à carga gerada por uma localidade com uma população de 20.000 habitantes. Seu cálculo é feito pela seguinte fórmula:

$EP = \text{carga de DBO da indústria (kg/dia)} / \text{contribuição per capita de DBO (kg/hab.d)}$

Normalmente, adota-se o valor frequentemente utilizado na literatura internacional de 54 g.DBO/hab.d como contribuição per capita (VON SPERLING, 2005)

Os efluentes e resíduos das atividades relacionadas às indústrias de produtos alimentares, listadas na DN COPAM Nº 74/2004, apresentam como característica comum a elevada concentração de matéria orgânica, o que faz da DBO relativa aos efluentes líquidos o principal parâmetro a caracterizar seu potencial poluidor.

Uma vez constatada a pertinência da necessidade de enquadramento da atividade de industrialização da mandioca em um código específico da DN 74/2004, propõe-se para a definição da sua classificação os procedimentos seguintes, em consonância às classificações já adotadas e praticadas naquela Deliberação.

Em relação ao potencial poluidor da atividade, os resultados das análises laboratoriais realizadas em amostras de efluentes líquidos de fábricas de polvilho e farinha, em desacordo com os padrões de lançamento estabelecidos pela legislação vigente, em níveis que permitem considerar o potencial poluidor desses efluentes como grande, em relação à água.

Em diversas amostras de solo, onde a aplicação de efluentes líquidos de fábricas de polvilho é realizada sem qualquer critério agrônomo, foi constatada elevada saturação por potássio, em proporções consideradas passíveis de causar o aporte desse macronutriente para águas subterrâneas, assim como de causar salinidade dos solos, dependendo das condições locais, o que também remete à conclusão de que o potencial poluidor da atividade também é grande em relação ao solo.

Quanto às emissões atmosféricas, estas se restringem aos odores característicos nas imediações dos empreendimentos, além da emissão de particulados, em função da secagem do polvilho a céu aberto, podendo o potencial poluidor da atividade de industrialização da mandioca, a princípio, ser considerado pequeno em relação à poluição do ar.

Para definição dos pontos de corte, em relação aos portes dos empreendimentos, das 23 atividades do setor alimentício listadas na DN 74/2004, foram excluídas dos cálculos seis cujos portes são definidos pela área útil e número de empregados, três relacionadas ao setor sucroalcooleiro – que são objetos de deliberação específica – e três que, praticamente, não geram efluentes líquidos.

Assim, restam onze atividades cuja definição do porte (pequeno, médio e grande) é pautada na capacidade instalada.

Para cada valor dos pontos de corte, de cada uma das 11 atividades restantes, foi determinado o equivalente populacional, utilizando-se valores médios de concentração de DBO e volume de efluentes líquidos obtidos em fontes secundárias, publicações de instituições públicas e privadas (CAMPOS, 1993 citado por FEAM, 2003; CETESB, 2011; FEAM, 2011; VON SPERLING, 2005), além dos RCAs e PCAs de diversos empreendimentos sob estudo.

Em relação a algumas atividades, para as quais não foi possível obter estas informações de forma detalhada, mas o equivalente populacional é disponibilizado de forma direta, esses valores foram utilizados, como nos casos da refinação de óleos e gorduras vegetais e fabricação de conservas e condimentos.

Assim, foi calculado o EP médio representativo para cada ponto de corte: pequeno, médio e grande.

A partir de cada valor de EP representativo dos pontos de corte, foi realizado o cálculo para a determinação da capacidade instalada correspondente da atividade de industrialização da mandioca, sendo estes os valores considerados no código específico a ser proposto para a DN74/2004.

Para uma melhor compreensão da metodologia, exemplifica-se com as operações relativas ao ponto de corte acima do qual o empreendimento já é considerado de pequeno porte, utilizando-se valores médios de DBO e vazão:

1 - D-01-02-3 - Abate de animais de pequeno porte (aves, coelhos, rãs, etc.)

Porte: 300 < capacidade instalada < 20.000 cabeças/dia: pequeno

DBO = 1150 mg/l, V = 11,1 m³ (37 l/cabeça), E.P. = 236 hab.

2 - D-01-03-1 – Abate de animais de médio e grande porte (suínos, ovinos, caprinos, bovinos, eqüinos, bubalinos, muares, etc.).

Porte: 2 < capacidade instalada < 60 cabeças/dia pequeno

DBO = 3050 mg/l, V = 2,0 m³/cabeça, EP = 226 hab.

3 - D-01-04-1 – Industrialização da carne, inclusive desossa, charqueada e preparação de conservas –

Porte: 1 < capacidade instalada < 10 t de produto/dia pequeno

DBO = 3.000 mg/l, V = EP = 815 hab.

4 - D-01-05-8 – Processamento de subprodutos de origem animal para a produção de sebo, óleos e farinha.

Porte: 0,5 < capacidade instalada < 10 t matéria prima/dia: pequeno

DBO = 1.723 mg/l, V = 3,3 m³/t, EP = 53 hab.

5 - D-01-06-6 – Preparação do leite e fabricação de produtos de laticínios.

Porte: 500 < capacidade instalada < 15.000 l de leite/dia pequeno

DBO = 1.800 mg/l, V = 2,4 l/l de leite, EP = 40 hab.

6 - D-01-07-4 – Resfriamento e distribuição de leite em instalações industriais.

Porte: 5.000 < capacidade instalada < 30.000 l de leite/dia: pequeno

DBO = 911 mg/l, V = 1 l/l de leite, EP = 85 hab.

7 - D-01-09-0 – Refinação e preparação de óleos e gorduras vegetais, produção de manteiga de cacau e de gorduras de origem animal destinadas à alimentação:

Porte: 10 < capacidade instalada < 100 t de matéria-prima/dia pequeno

EP = 5000 hab.

8 - D-01-12-0 – Fabricação de conservas e condimentos.

Porte: 2 < capacidade instalada < 100 t de matéria-prima/dia: pequeno
EP= 800 hab.

9 - D-02-04-6 – Fabricação de cervejas, chopes e maltes.

Porte: 2.000 < capacidade instalada < 20.000 l/dia: pequeno
DBO = 1.718 mg/l, V = 6,9 m³/m³ EP = 439 hab.

10 - D-02-05-4 – Fabricação de sucos

Porte: 5.000 < capacidade instalada < 10.000 l/dia
DBO = 2.596 mg/l, V = 2,3 l/l EP = 561 hab.

11 - D-02-07-0 – Fabricação de refrigerantes (inclusive quando associada à extração de água mineral) e de outras bebidas não alcoólicas, exclusive sucos.

Porte: 10.000 < capacidade instalada < 50.000 l/dia: pequeno
DBO = 1.188 mg/l, V = 4000 l/l de produto EP = 880 hab.

A partir dos valores dos equivalentes populacionais, foi calculada a média:

$$M = (236 + 226 + 815 + 53 + 40 + 85 + 5.000 + 800 + 439 + 561 + 880) / 11$$
$$M = 830 \text{ hab.}$$

Portanto, este valor de EP corresponde ao limite inferior acima do qual o empreendimento é considerado de pequeno porte.

Para se determinar a capacidade instalada correspondente de uma indústria de polvilho, foi adotado o valor médio das DBOs determinadas em laboratório, a partir das amostras coletadas em empreendimentos do Sul de Minas que correspondeu a 6.084 mg/l.

Em relação ao volume médio de efluentes gerado por tonelada de mandioca processada, foram utilizados valores apresentados nos Relatórios e Planos de Controle Ambiental dos empreendimentos desse setor produtivo que correspondeu a uma média de 3.500 l.

Assim, por meio do EP e da contribuição per capita de DBO, foi calculada a carga correspondente ao valor médio do EP.

$$\text{Carga} = 830 \times 0,054 = 44,82$$

O volume de efluentes correspondente a esta carga será:

$$\text{Carga} = (V \cdot \text{DBO}) / 1000 \quad 44,82 = (m^3 \cdot 6.084) / 1000$$

$$V = 7,37 \text{ m}^3 \text{ ou } 7.370 \text{ l.}$$

Uma vez que são gerados, em média 3.500 l. de efluentes por tonelada de mandioca processada, o volume de efluentes calculado de 7.370 l corresponde a 2.0 t de mandioca, sendo este o limite inferior definido para empreendimentos de pequeno porte.

O mesmo procedimento foi adotado para os demais cortes dos portes, médio e grande, tendo sido calculados os seguintes valores:

$$EP_{\text{Porte Médio}} = (15.579 + 6.778 + 8.150 + 1.008 + 500 + 506 + 50.000 + 40.000 + 4.390 + 1.122 + 4400)/11 = 12.039 \text{ hab.}$$

$$\text{Carga} = 0,054 \times 12.039 = 650 \text{ kg DBO/d}$$

$$V = 102,2 \text{ m}^3 \text{ ou } 102.200 \text{ l}$$

Linha de corte a partir da qual a atividade será considerada de porte médio – $102.200/3500 = 29,2 \text{ t}$, podendo-se adotar 30t.

$$EP_{\text{Porte Grande}} = (78.796 + 56.481 + 32.600 + 8426 + 2.666 + 1.352 + 500.000 + 400.000 + 219.522 + 22.449 + 8800)/11 = 121.008 \text{ hab.}$$

$$\text{Carga} = 0,054 \times 121.008 = 6.534,43 \text{ Kg DBO/d}$$

$$V = 1.037,2 \text{ m}^3 \text{ ou } 1.037.200 \text{ l}$$

Linha de corte a partir da qual a atividade será considerada de porte grande – $1.037.200/3500 = 296,34 \text{ t}$, podendo-se adotar 300 t.

Assim, conforme os resultados obtidos, sugere-se a inclusão da atividade da industrialização da mandioca para a fabricação de farinhas e polvilho em um código específico da DN COPAM 74/2004, mediante publicação de Deliberação Normativa da seguinte forma:

D-01-15-3 – Industrialização da mandioca para produção de farinhas e polvilho
Pot. Poluidor/Degradador: Ar: P Água: G Solo: G Geral: G

Porte: $2 \leq \text{capacidade instalada} < 30 \text{ t de matéria-prima.dia}^{-1}$: pequeno
 $30 \leq \text{capacidade instalada} < 300 \text{ t de matéria-prima.dia}^{-1}$: média
Capacidade instalada $\geq 300 \text{ t de matéria-prima.dia}^{-1}$: grande

Cabe ressaltar que, das 25 empresas visitadas, nenhuma seria considerada de grande porte, seis seriam classificadas como média e as 19 restantes seriam consideradas de porte pequeno.

CONCLUSÃO

7. CONCLUSÃO

As informações obtidas sobre a atividade de cultivo e industrialização da mandioca no Estado de Minas Gerais, mediante consulta ao SIAM e outras fontes de dados secundários não trazem em si conteúdo suficiente para balizar um quadro que traduza a real distribuição espacial dos empreendimentos em atividade no estado.

Em relação ao potencial poluidor da atividade, os resultados das análises laboratoriais realizadas em amostras de águas residuárias geradas nas atividades de industrialização da mandioca para produção de farinha e polvilho indicam que são efluentes com elevado potencial poluidor, considerando, principalmente, os valores das concentrações de DQO, DBO, cianeto, além do pH. Todos estes parâmetros estão em desacordo aos limites de lançamento estabelecidos pela legislação ambiental vigente, em patamares similares a outras atividades como abate de animais, indústria de laticínios e produção de aguardente, que são listadas em códigos específicos na DN 74/2004.

As análises indicaram ainda o potássio como principal macronutriente, em concentrações suficientes para credenciá-lo como elemento de referência na definição dos critérios agronômicos da utilização destas águas em solo agrícola.

Os resultados das análises realizadas em amostras de solos, nos quais estes efluentes são lançados para simples infiltração ou fertirrigação, indicaram valores de concentração de potássio trocável que caracterizam risco para a qualidade dos solos e das águas subterrâneas.

Embora a maioria dos empreendimentos visitados disponha de regularização ambiental sob o ponto de vista administrativo, as formas de controle ambiental adotadas nestas unidades expõem uma situação que requer um acompanhamento mais efetivo pelos órgãos do SISEMA, uma vez que a utilização agrícola desses efluentes não obedece a qualquer critério agronômico.

Dessa forma, tendo em vista a conjunção dos resultados das pesquisas de campo e aquelas oriundas de outras fontes, como dados e informações obtidos em documentos e estudos de diversas instituições públicas e privadas, considera-se pertinente a proposição de um plano de ação voltado à atividade de industrialização da mandioca, pautado no estabelecimento de novos critérios para fins de licenciamento ambiental, por meio da determinação de um código específico da DN COPAM N° 74/2004.

Dessa forma, face ao exposto, é recomendável que determinadas ações sejam executadas, a partir da inclusão da atividade de processamento da mandioca em um código específico da DN COPAM N.º 74/2004, em conjunto com instituições governamentais como a EMATER, SEAPA, EPAMIG, além de universidades, a saber:

-
- levantamento do número de empreendimentos existentes no Estado de Minas Gerais, a princípio, mediante a disponibilização dos bancos de dados das instituições envolvidas, visando a um nivelamento de informações;
 - pesquisa de boas práticas de produção e controle ambiental, mediante estudos de casos, visitas a empreendimentos com tecnologias mais desenvolvidas, tanto no País quanto no exterior;
 - orientação aos produtores dessas boas práticas, através da confecção e distribuição de folhetos, cartilhas, além da realização de visitas em empreendimentos, cooperativas e associações afins;
 - pesquisas relacionadas ao aproveitamento dos resíduos gerados nas unidades processadoras de mandioca, com ênfase no potencial energético e utilização agrícola, por meio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIAMINAS – **Conceição dos Ouros é referência na fabricação de polvilho** Disponível em: WWW.agenciaminas.mg.gov.br/noticias/agricultura Acesso em: 23 de novembro de 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS - ANTAQ. **Meio ambiente - Licenciamento ambiental.** Disponível em: www.antaq.gov.br/portal/MeioAmbiente_LicenciamentoAmbiental.asp Acesso em: 23 de novembro de 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Resolução N.º 12, de 24 de julho de 1978.** Disponível em: www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78-amidos.htm Acesso em: 25 de outubro de 2011.

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. **Capacidade de troca catiônica ou CTC.** Disponível em: www.agritempo.gov.br Acesso em: 25 de outubro de 2011.

AMARAL, L.; JAIGOBIND, A.G.A.; JAISINGH S. **Dossiê técnico: processamento da mandioca.** Paraná: Instituto de Tecnologia do Paraná. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2007. 47p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 19.ed. New York: APHA, WWA, WPCR, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE MANDIOCA – ABAM. Disponível em: www.abam.com.br/revista/revista7/riquezas.php Acesso em: 23 de novembro de 2011.

BOTELHO, S.M.; POLTRONIERI, M.C.; RODRIGUES, J.E.L.F. **Manipueira: Um adubo orgânico para a agricultuta familiar.** In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA. Disponível em: www.cerat.unesp.br/compendio/artigos.html. Acesso em: 25 de novembro de 2011.

BRASIL. **Lei N.º 6938, de 31 de agosto de 1981** – Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=4 Acesso em: 21 de novembro de 2011.

CABELLO, C.; LEONEL, M. **Produção de ácido cítrico a partir do resíduo líquido da industrialização da mandioca (manipueira)** – In CEREDA, M. P. (Org). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo. Fundação Cargill, (Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas) v. 4, cap. 9, p. 130-137, 2001.

CAMARGO, O. A.; VAN RAIJ, B.; VALADARES, J. M. A. S. **Avaliação da capacidade de troca de cations em solos utilizando o método do tampão SMP**. *Bragantia*, Campinas, v. 41, art 12 p 119-123, 1982.

CAMILI, E. A. **Tratamento da manipueira por processo de flotação sem o uso de agentes químicos**. 2007. 91p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP.

CAMPOS, R. C.; COHEN, K. O.; OLIVEIRA, S. S. **Quantificação de cianeto total e livre de amostras de tucupi comercializadas na cidade de Belém – PA**. Disponível em: www.artigocientifico.com.br/uploads/artc_116615382_92.pdf Acesso em: 24 de novembro de 2011.

CASCUDO C. **Mani**. Disponível em: www.pt.wikipedia.org/wiki/Mandioca Acesso em: 19 de outubro de 2011.

CEREDA, M.P. **Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca**. In CEREDA, M.P. (Org). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização de mandioca. São Paulo. Fundação Cargill (Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas) v. 4, cap. 01, 320p, 2001.

CEREDA, M. P. **Importância das tuberosas tropicais**. In CEREDA, M. P. (Org). Agricultura: tuberosas amiláceas latino Americano. São Paulo. Fundação Cargill (Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas),v.2, cap 01, p. 13 – 25, 2001.

CEREDA, M.P.; LEONEL, M. – **Extração da fécula retida no resíduo fibroso no processo de produção da fécula de mandioca**. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 20, n.1, Abril, 2000.

CEREDA, M.P; VILPOUX, O.; **Conservação de raízes**. In CEREDA, M.P. (Org). Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americana, São Paulo Fundação Cargill (Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas), v.3 p. 13-29, 2001.

CETEC/RESPOSTA TÉCNICA – Sistema brasileiro de respostas técnicas. Disponível em: www.respostatecnica.org.br Acesso em: 8 de dezembro de 2009.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação**. Viçosa: Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., editores.1999. 359 p.

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA – CEPLAC. Disponível em: <www.ceplac.gov.br/radar/Mandioca.htm> Acesso em: 19 de setembro de 2011.

CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS – COPAM. **Deliberação Normativa COPAM N.º 74, de 9 de setembro de 2004** – Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental e dá outras providências, outubro 2004. Disponível em: www.siam.mg.gov.br/sla/action/consultaPublicacoes.do Acesso em: 15 de outubro de 2011.

CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS – COPAM – COPAM. **Deliberação Normativa COPAM N.º 164, de 30 de março de 2011.** – Estabelece normas complementares para usinas de açúcar e destilarias de álcool, referentes ao armazenamento e aplicação de vinhaça e águas residuárias no solo agrícola. Disponível em: www.siam.mg.gov.br/sla/action/consultaPublicacoes.do Acesso em: 15 de outubro de 2011.

CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS – COPAM. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CERH. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH – MG N.º 01, de 05 de maio de 2008** – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Disponível em: www.siam.mg.gov.br/sla/action/consultaPublicacoes.do Acesso em: 15 de outubro de 2011.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – CONEMA. **Resolução CONEMA N.º 23, de 07 de maio de 2010.** – Aprova o MN-050.R-5 – classificação de atividades poluidoras. Disponível em: www.sea.proderj.rj.gov.br/pages/sea/resolucao/2010/Res_CONEMA_23_MN050_R-5_07maio10.pdf Acesso em: 15 de outubro de 2011.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – CEMA. **Resolução N.º 72/2009 – CEMA, de 22 de outubro de 2009.** Re-ratificação da Resolução nº 70/2009 – CEMA, que dispõe sobre o licenciamento ambiental para Empreendimentos Industriais, haja vista revisão do texto de alguns dos artigos da referida norma. Disponível em: www.cema.pr.gov.br/modules/conteudo.php?conteudo=5 Acesso em: 15 de outubro de 2011.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – COEMA. **Resolução N.º 62/2008 – COEMA, de 22 de fevereiro de 2008.** Altera o parágrafo único da Resolução COEMA N.º 44, de 22 de agosto de 2006. Cobrança de taxas. Disponível em: www.sema.pa.gov.br/interna.php?idconteudocoluna=2244&titulo_conteudocoluna=62 Acesso em: 14 de outubro de 2011.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – CONSEMA. **Resolução CONSEMA N.º 102, de 24 de maio de 2005.** Dispõe sobre os critérios para o

exercício da competência do Licenciamento Ambiental Municipal, no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: www.fepam.rs.gov.br/consema/Res102-05.pdf Acesso em: 14 de outubro de 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA N.º 430 de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N.º 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm Acesso em: 14 de outubro de 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA N.º 237 de 19 de dezembro de 1997.** Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: www.mma.gov.br/pot/conama/index.cfm Acesso em: 14 de outubro de 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA N.º 385 de 27 de dezembro de 2006.** Estabelece procedimentos a serem adotados para o licenciamento ambiental de agroindústrias de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental. Disponível em: www.mma.gov.br/pot/conama/index.cfm Acesso em: 14 de outubro de 2011.

CTPETRO AMAZONIA. **Produção da mandioca gera 10 milhões de empregos diretos e indiretos.** Disponível em: www.projetos.inpa.gov.br/ctpetro/pg_noticias.php?VID=231. Acesso em: 24 de novembro de 2011.

DA PONTE, J. J. – **Uso da manipueira como insumo agrícola: defensivo e fertilizante.** In CEREDA, M. P. (Org). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo. Fundação Cargill (Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas), v.4 2001, cap 05, p. 80 – 95, 2001.

DEFELIPO, B.V. e RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo.** Viçosa: Imprensa Universitária, 1997, 26 p.

DE PAULA, J. S.; FILHO, J. F. F. Evolução recente da agroindústria rural artesanal em Minas Gerais. Disponível em: www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientífico/article/.../7246 Acesso em: 20 de março de 2011.

DIAS, P. P. – **A Constituição da mandioca.** Disponível em: www.historiapensante.blogspot.com/2011/03/constiuiçãodamandioca.htm Acesso em: 23 de novembro de 2011.

DINIZ, I.P. **Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do estado de minas gerais.** 2006. p.116 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

E-GEO – Sistema nacional de informação geocientífica. Disponível em: www.e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lexico.aspx Acesso em: 28 de setembro de 2011.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS - EMATER – **A cultura da mandioca**. Disponível em: www.emater.mg.gov.br/site_emater/Serv_Prod/livraria/Cultura%20da%20Mandioca.pdf Acesso em: 25 de novembro de 2011.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS – EMATER. Disponível em: www.emater.mg.gov/doc/site/cultura Acesso em: 20 de setembro de 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRAPA. – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **500 perguntas e respostas on line**. Disponível em: www.embrapa.br/kw_storage/keyword.2007-06-05.8349259736 Acesso em: 13 de outubro de 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA – **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: processamento da mandioca**/ Embrapa Mandioca e Fruticultura, Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 115p.: il. – (Série agronegócios).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Mandioca e fruticultura – Produção internacional**. Disponível em: www.cnpmf.embrapa.br Acesso em: 7 de novembro de 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Propagação rápida da mandioca no nordeste brasileiro – circular técnica 45**. Disponível em: www.cpatc.embrapa.br/publicações_2007/ct-45.pdf Acesso em: 28 de setembro de 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **A indústria do amido de mandioca**. Embrapa informação tecnológica, 1.ed. Brasília, DF, 2003. 202 p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN. Manual de licenciamento ambiental – guia de procedimentos passo a passo. Disponível em: www.profrios.kit.net/downodas/Manual_licenciamento.pdf Acesso em: 13 de outubro 2011

FELIPE, F.I.; van der BROEK, L. – **A polêmica adição de derivados de mandioca à farinha de trigo**. Disponível em:

www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_mandioca_trigo.pdf Acesso em: 25 de novembro de 2011.

FIGUEIREDO, L. - **Implantação de procedimentos operacionais padronizados em indústrias de amido**. Florianópolis, 2008. 23 p. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

FIORETTO, R.A. **Uso direto da manipueira em fertirrigação**. In CEREDA, M.P. (Org). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização de mandioca. São Paulo. Fundação Cargill (Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas) v.4, 320p, 2001.

FOLHA ON LINE. **Norte e nordeste usam técnicas pré-cabralinas**. Disponível em: www.folha.uol.com.br/fof/brasil500/comida4.htm Acesso em: 17 de setembro de 2011

FREYRE, G. Casa Grande e senzala: formação da família brasileira sob o regime de economia patriarcal. Editora Record, 1998. 34ª ed. 569 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Iniciação ao desenvolvimento sustentável/Fundação Estadual do Meio Ambiente**. Belo Horizonte, 2003. 464 p.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV. **Potencialidades regionais – estudo de viabilidade econômica – amido de mandioca – sumário executivo. 2003**. Disponível em: www.suframa.gov.br Acesso em: 6 de setembro de 2011.

INOUE, K.R.A. **Produção de biogás, caracterização e aproveitamento agrícola do biofertilizante obtido na digestão da manipueira**. 2008. 92p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MINAS GERAIS – INDI – **Perfis industriais – polvilho**. Disponível em: www.indi.mg.gov.br/perfis_industriais/Polvilho.pdf Acesso em: 29 de março de 2011.

KORNDÖRFER, G. H. **Apostila potássio**. Disponível em www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas Acesso em: 28 de setembro de 2010.

JORNAL A VOZ – **Emater/MG faz diagnóstico de agroindústrias artesanais**. Disponível em: www.jornalavoz.com.br Acesso em: 20 de outubro de 2011.

JUNIOR, A.F. In CEREDA, M.P. (Org). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização de mandioca. São Paulo. Fundação Cargill (Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas) v.4, cap. 10, 320p, 2001.

LEONEL, M.; JACKEY, M.P.; CEREDA, M.P. – Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.1, 2000.

LIMA, J. W. C. **Análise ambiental: processo produtivo de polvilho em indústrias do extremo sul de Santa Catarina**. 2001, 149 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

MATOS, A.T. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos**. Série Caderno Didático. Viçosa - MG; Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, 2006. 120 p.

MATTOS, P.L.P.; GOMES, J.C.; FARIAS, A.R.N.; FUKUDA, C. – **Cultivo da mandioca nas regiões Norte e Nordeste do Brasil**. In Cereda, M. P. (Org). Agricultura: tuberosas amiláceas latino Americano. São Paulo. Fundação Cargill (Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas) v 02, Cap. 14, p. 274 – 301, 2001.

MELO, R.F. **Avaliação das alterações físicas e químicas, distribuição e mobilidade dos íons em três solos tratados com manipueira**. 2004, 59 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MEZETTE, T. F.; CARVALHO, C. R. L.; MORGANO, M. A.; DA SILVA, M. G.; PARRA, E. S. B.; GALERA, J., M, S, V.; VALLE, T. L. – Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agrônômicas – **Bragantia: revista de ciencias agronomicas**, vol. 68, n.3, p. 601-609, 2009.

MINAS GERAIS. **Lei nº 16741 de 18 de junho de 2007** – Institui a política estadual de incentivo à produção e ao consumo de mandioca e seus derivados e dá outras providências.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Portaria N.º 139 de 28 de abril de 2011. Aprova o zoneamento agrícola de risco climático para a cultura de mandioca no Estado de Minas Gerais. Disponível em: www.sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoportalMapa&chave=401041102 Acesso em: 12 de dezembro de 2011.

NOGUEIRA PINTO, M.D. **Mandioca e farinha:subsistência e tradição cultural**. Disponível em: www.mao.org.br/fotos/pdf/biblioteca/pinto_01.pdf Acesso em: 22 de novembro de 2011.

Notícias agrícolas – **Prorrogada consulta pública para farinha de mandioca**. Disponível em: www.noticiasagricolas.com.br/noticias Acesso em: 17de novembro de 2010.

ORSINI, A. R. A. **Estratégia de gerenciamento de resíduos sólidos da alcan alumínio do Brasil Ltda, unidade da Aratu**. 2002, 95 p. Monografia (Especialização) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA.

PINHO, M., M., C., A. **Reaproveitamento de resíduo do processamento da mandioca (manipueira): avaliação de impactos químicos e microbiológicos no solo e utilização como fertilizante.** 2007, 65 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA – PUC, CAMPINAS. Teores de glicosídeos cianogênicos em derivados de mandioca. Disponível em: www.puc.campinas.edu.br/pesquisa Acesso em: 23 de abril de 2009.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA – PUC, RIO DE JANEIRO. **Geração de efluentes contendo espécies cianídricas.** Disponível em: www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/9924929_04_cap_02.pdf Acesso em: 6 de maio de 2010.

REMIÃO, F. – **Cianetos, toxicidade e exposição ambiental.** www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0304/Cianetos/expo.htm Acesso em: 13 de novembro de 2011.

REVISTA BIOTECNOLOGIA – **Degradação biológica de cianetos.** Disponível em: www.biotecnologia.com.br/revista/bio04/4hp_14.pdf Acesso em: 13 de novembro 2011.

SAGRILO, E.; FILHO, P. S. V.; PEQUENO, M. G.; RIMOLDI, F. **Dimensionamento dos subprodutos agrícolas da mandioca (Manihot esculenta, Crantz) no estado do Paraná** - In CEREDA, M.P. (Org). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização de mandioca. São Paulo. Fundação Cargill (Série Cultura de Tuberosas Latino Americanas), v. 4 cap. 23, p. 290 – 305, 2001.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ – SEAB. **Mandioca.** Disponível em: www.seab.pr.gov.br Acesso em: 2 de julho de 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – SEAPA. Disponível em: www.agricultura.mg.gov.br/component/article/52-prod Acesso em: 20 de outubro de 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD. Disponível em: www.semad.mg.gov.br Acesso em: 14 de outubro de 2011.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS SEBRAE. **Casas de farinha: manual de boas práticas** Disponível em: www.sebrae.com.br/setor/mandiocultura/o-setor-1/casas-de-farinha/produção Acesso em: 10 de setembro de 2011.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Mandiocultura, farinha e fécula, estudos de mercado sebrae/espm**, 2008, 80p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. Disponível em: www.sebrae-sc.com.br/default.asp?vcdtexto Acesso em: 10 de setembro de 2011.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS SEBRAE. **Bovinocultura leiteira: informações técnicas e de gestão.**/ BRITO A.S., NOBRE, F. V., FONSECA, J. R. (Orgs.). – Natal/RN, 2009. 320 p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS – SBRT **Cultivo da mandioca**. Disponível em: WWW.sbrtv1.ibict.br/upload/sbrt-referencial6752.pdf Acesso em: 11 de setembro de 2011.

SILVA, F.F.; FREITAS, P.S.L.; BERTONHA, A.; MUNIZ, A.S. Efeitos da aplicação de água residuária de fecularia de mandioca no solo e na cultura do sorgo **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.1, n. 2, p.267-277, maio, 2008.

SILVA FILHO, A. V.; SILVA, M. I. V. **Importância das substâncias húmicas para a agricultura**. Disponível em: www.beifort.com.br/gerenciador/documentos/doc_201103111032411000.pdf Acesso em: 11 de setembro de 2011.

TELES, F.F. Técnicas de liberação do HCN e toxidez cianogênica das mandiocas. **Revista Informe Agropecuário**. n.145, p. 18-22, janeiro, 1987.

UFPI - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI. **Potássio no solo**. Disponível em: www.ufpi.br/subsiteFiles/arquivos/files/Aula%206.ppt Acesso em: 19 de setembro de 2010.

VILELA, E.R.; JÚNIOR, E.S.G.J. Tecnologia de farinha de mandioca. **Revista Informe Agropecuário**, n. 145, p. 60-62, janeiro, 1987.

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

WOSIAKI G.; CEREDA, M.P. **Valorização de resíduos do processamento da mandioca**. Disponível em: www.propesp.uepg.br/publicatio/exa/2002/02.pdf Acesso em: 14 de setembro de 2011.

ZAMBON, J.C.; BORGES, J. T. S.; PIROSI, M. R.; MORAIS, A. R. M.; OLIVEIRA, T. M.; DINIZ, I. P. **Aspectos Toxicológicos de derivados de mandioca**. Disponível em: www.cerat.unesp.br/revistarat/volume3.php Acesso em: 23 de abril de 2009.

ANEXO

ANEXO

Quadro 3 – Informações sobre controle ambiental dos empreendimentos visitados.

Empres a	Casca	Águas de Lavagem	Massa	Àgua vegetal	Esgoto
1	Anim. Solo	Curso d'água	Animal	Irrigação	Fossa
2	Anim. solo	Infiltr.	Comerc	Infiltr.	Fossa Sep.
3	Anim.	Infiltr.	Comerc	Infiltr.	Curso d'água
4	Anim.	Infiltr.	Anim.	Infiltr.	Curso d'água
5	Anim Solo	Infiltr. Irrig.	Anim.	Infiltr. Irrig.	Fossa
6	Anim. Solo	Curso d'água	Anim.	Infiltr. Irrig.	Fossa
7	Solo	Irrig.	Anim.	Irrig.	Fossa
8	Solo	Curso d'água	Anim.	Infiltr.	Curso d'água
9	Solo	Curso d'água	Anim.	Irrigação	Fossa
10	Solo	Infiltr.	Anim.	Infiltr.	Fossa Sep.
11	Anim. Solo	Infiltr. Irrig.	Anim.	Infiltr. Irrig.	Fossa
12	Solo	Infiltr.	Anim.	Irrig.	Fossa Sep.
13	Solo	Infiltr.	Anim.	Infiltr.	Fossa Sep.
14	Anim. Solo	Infiltr.	Anim.	Infiltr.	Fossa
15	Anim. Solo	Curso d'água	Anim.	Infiltr.	Fossa
16	Anim Solo	Curso d'água	Anim.	Infiltr.	Fossa
17	Solo	Infiltr.	Anim.	Infiltr.	Fossa
18	Solo	Infiltr.	Anim.	Infiltr.	Munic.
19	Solo	Infiltr.	Anim.	Infiltr.	Fossa Sep.
20	Solo	Irrig.	Anim.	Irrig.	Fossa
21	Solo	Irrig.	Anim.	Irrig.	Curso d'água
22	Solo	Irrig.	Anim.	Irrig.	Fossa
23	Solo	Infiltr.	Anim.	Infiltr.	Fossa
24	Solo	Infiltr.	Anim.	Infiltr.	Fossa
25	Animal	Irrigação	Animal	Irrigação	Fossa

Tabela A - 1 - Empresa 4 – Águas de lavagem.

Am.	pH	CE	SP	ST	SFT	SVT	SST	DQO	DBO	N _{Total}	NO ₃	P _{Total}	SO ₄ ²⁻	K	Na	Ca+Mg
		μS cm ⁻¹	mL L ⁻¹							mg L ⁻¹						mmol _c L ⁻¹
2009	6,01	202,4	150	2659	543	2116	2470	7848	2875	16,90	0,170	9,1	0,067	55	10	0,91
2010	5,50	98,18	6,0	2850	560	2290		1272	617	11,51	0,0571	2,3	12,1	7,5	10	0,50

Sendo: CE – condutividade elétrica; SP – sólidos sedimentáveis; ST – sólidos totais; SFT – sólidos fixos totais; SVT – sólidos voláteis totais; SST- sólidos em suspensão totais; DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; N_{Total} – nitrogênio total; NO₃⁻ - nitrato; P_{Total} – fósforo total; SO₄²⁻ - sulfato; K – potássio; Na - sódio. Ca+Mg – cálcio mais magnésio.

Tabela A - 2 - Empresa 4 – Água vegetal.

Am.	pH	CE	SP	ST	SFT	SVT	SST	DQO	DBO	N _{Total}	NO ₃	P _{Total}	SO ₄ ²⁻	K	Na	Ca+Mg
		μS cm ⁻¹	mL L ⁻¹							mg L ⁻¹						mmol _c L ⁻¹
2009	4,26	1342	80	7556	704	6852	6030	9800	8996	64,9	0,047	38,1	0,869	150	80	2,89
2010	4,28	1112	14	15020	1442	13578	5440	7200	4568	178,5	1,517	23,8	7,13	137	20	2,50

Sendo: CE – condutividade elétrica; SP – sólidos sedimentáveis; ST – sólidos totais; SFT – sólidos fixos totais; SVT – sólidos voláteis totais; SST- sólidos em suspensão totais; DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; N_{Total} – nitrogênio total; NO₃⁻ - nitrato; P_{Total} – fósforo total; SO₄²⁻ - sulfato; K – potássio; Na - sódio. Ca+Mg – cálcio mais magnésio.

Tabela A - 3 - Empresa 13- Conceição dos Ouros - Lavagem + Água vegetal da centrífuga.

Am.	pH	CE	SP	ST	SFT	SVT	SST	DQO	DBO	N _{Total}	NO ₃	P _{Total}	SO ₄ ²⁻	K	Na	Ca+Mg	
		μS cm ⁻¹	mL L ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----													mmol _c L ⁻¹ ---
2009	6,45	1537	120	11870	1803	10067	3820	21560	6955	223,0	0,232	131,1	0,129	500	20	8,09	
2010	6,14	1665	12	26760	4434	22326		11600	8009	423,0		54,5		465	25	5,0	

Sendo: CE – condutividade elétrica; SP – sólidos sedimentáveis; ST – sólidos totais; SFT – sólidos fixos totais; SVT – sólidos voláteis totais; SST- sólidos em suspensão totais; DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; N_{Total} – nitrogênio total; NO₃⁻ - nitrato; P_{Total} – fósforo total; SO₄²⁻ - sulfato; K – potássio; Na - sódio. Ca+Mg – cálcio mais magnésio.

Tabela A - 4 - Empresa 13 - Água vegetal decantada.

Am.	pH	CE	SP	ST	SFT	SVT	SST	DQO	DBO	N _{Total}	NO ₃	P _{Total}	SO ₄ ²⁻	K	Na	Ca+Mg	
		μS cm ⁻¹	mL L ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----													mmol _c L ⁻¹ ---
2009	6,03	1795,0	18	14930	1678	13252	7800	16987	7632	242,70	0,200	152,0	0,576	500	20	6,64	
2010	5,56	2047,0	23	29868	6922	22946	-----	15000	8727	500,84	-----	76,5	-----	620	17,5	4,5	

Sendo: CE – condutividade elétrica; SP – sólidos sedimentáveis; ST – sólidos totais; SFT – sólidos fixos totais; SVT – sólidos voláteis totais; SST- sólidos em suspensão totais; DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; N_{Total} – nitrogênio total; NO₃⁻ - nitrato; P_{Total} – fósforo total; SO₄²⁻ - sulfato; K – potássio; Na - sódio. Ca+Mg – cálcio mais magnésio.

Tabela A - 5 - Empresa 25 – Cachoeira de Minas - Lavagem + Água vegetal.

Am.	pH	CE	SP	ST	SFT	SVT	SST	DQO	DBO	N _{Total}	NO ₃	P _{Total}	SO ₄ ²⁻	K	Na	Ca+Mg	
		μS cm ⁻¹	mL L ⁻¹	-----						mg L ⁻¹	-----						mmol _c L ⁻¹ ---
	4,28	2018,0	22	6502	1865	4637	2126,6	26800	6235	194,38	0,3623	61,875	21,6	610	20	3,8	
		mS/cm															

Sendo: CE – condutividade elétrica; SP – sólidos sedimentáveis; ST – sólidos totais; SFT – sólidos fixos totais; SVT – sólidos voláteis totais; SST- sólidos em suspensão totais; DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; N_{Total} – nitrogênio total; NO₃⁻ - nitrato; P_{Total} – fósforo total; SO₄²⁻ - sulfato; K – potássio; Na - sódio. Ca+Mg – cálcio mais magnésio.

Tabela A - 6 - Análises Itaipé Farinha.

Am.	pH	CE	SP	ST	SFT	SVT	SST	DQO	DBO	N _{Total}	NO ₃	P _{Total}	S-SO ₄ ²⁻	K	Na	Ca+Mg	
		μS cm ⁻¹	mL L ⁻¹	-----						mg L ⁻¹	-----						mmol _c L ⁻¹ ---
A1	5,48	6346	15	128059	14047	114012	3620	75660	15220	1464,4	1,856	13,5	872,2	2.850	30	813	
A2	4,66	340,1	120	4360	493	3867	3820	1940	137	131,8	0,179	0,45	9,6	50	20	27,4	

Sendo: CE – condutividade elétrica; SP – sólidos sedimentáveis; ST – sólidos totais; SFT – sólidos fixos totais; SVT – sólidos voláteis totais; SST- sólidos em suspensão totais; DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; N_{Total} – nitrogênio total; N-NO₃⁻ nitrato; P_{Total} – fósforo total; S-SO₄²⁻ - sulfato; K – potássio; Na - sódio. Ca+Mg – cálcio mais magnésio.

A1 – Manipueira

A2 – Águas de lavagem

