

Manual do usuário do programa de computador



BIOGÁS

GERAÇÃO E USO ENERGÉTICO

**efluentes e
resíduo rural**

versão 1.0

Manual do usuário do programa de computador



BIOGÁS
GERAÇÃO E USO ENERGÉTICO

**efluentes e
resíduo rural**

versão 1.0

Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Estado do Meio Ambiente
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB
São Paulo
2006

Este manual foi desenvolvido com os recursos do Programa Mudanças Climáticas Globais – “Plano Brasil de Todos” do Governo Federal. É um produto dos Convênios “*Subsídios para a recuperação e uso energético de biogás gerado em estações de tratamento anaeróbico de efluentes – ETAE*”; e “*Subsídios para a recuperação e uso energético de biogás gerado em locais de disposição de resíduos sólidos – LDRS*” [nº: 01.0053.00/2001 e 01.0054.00/2001], cumprindo as metas 8.1 e 8.3, respectivamente: “*Publicação de um guia para recuperação e uso energético do biogás*”. Estes Convênios foram firmados entre o Governo Federal e o Governo do Estado de São Paulo, por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA e Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB, publicado no Diário Oficial da União de 26 de dezembro de 2001, seção 3, página 244.

Coordenação dos Convênios

Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT

Sergio Rezende

Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED

Luiz Antônio Barreto de Castro

Coordenação-Geral de Mudança Global do Clima – CGMGC

José Domingos Gonzalez Miguez

Coordenação Técnica

Newton Paciornik

Branca Bastos Americano

Mauro Meireles de Oliveira Santos

Gustavo Barbosa Mozzer

Coordenação Administrativa

Marcos Willian Bezerra de Freitas

Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA-SP

José Goldemberg

Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA-SP

Coordenação Geral dos Convênios

Suani Teixeira Coelho

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB

Otávio Okano

Departamento de Apoio Técnico – CETESB

Maria da Glória Figueiredo

Divisão de Questões Globais – CETESB

Coordenação Técnica dos Convênios

João Wagner Silva Alves



Governo do Estado de São Paulo
Cláudio Lembo

Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA-SP
José Goldemberg

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB
Otávio Okano

Termo de isenção de responsabilidade

A coordenação dos convênios e os seus apoiadores não se responsabilizam por quaisquer problemas advindos do uso do Programa de Computador Biogás – Geração e Uso Energético – Efluentes e Resíduo Rural – versão 1.0, seja pelas estimativas dos volumes de biogás geradas, estimativas de Créditos de Carbono, custos de geração energética ou por quaisquer informações geradas por este programa ou com o seu auxílio. Os valores dos produtos e os fatores empregados para estimativa de geração de biogás podem ser editados pelo usuário. Aqueles sugeridos não são necessariamente os mais corretos. Os nomes comerciais ou produtos eventualmente citados não estão sendo recomendados pelos realizadores do programa.

A viabilidade da implantação das instalações propostas pelo programa depende de confirmação posterior de todos os pressupostos de que faz uso o programa de computador. Este considera a data definida no relógio interno do computador onde for executado e a compara com a data informada pelo usuário do programa. Portanto, são somados e considerados como atividades de projeto períodos futuros, de acordo com essa comparação. Além disso, foram desconsideradas peculiaridades relativas aos projetos de Créditos de Carbono, como prazos e duração de contrato.

A coordenação dos convênios não se responsabiliza pelos aperfeiçoamentos e/ou adaptações realizadas no programa pelo usuário e respectivos resultados. Da mesma forma, a utilização do programa com as modificações introduzidas pelo usuário deve ser expressamente informada a terceiros.

Por fim, a coordenação dos convênios recomenda o aprofundamento dos estudos dessa prática, o que é possível com o livre acesso ao programa e seu respectivo “código fonte”.

Qualquer instalação de recuperação e uso de biogás gerado pela degradação anaeróbia de efluentes domésticos, comerciais, industriais ou rurais em estações de tratamento anaeróbio de efluentes, deve obter os correspondentes licenciamentos, inclusive o ambiental, junto às autoridades competentes da localidade em que se encontra.

Dados internacionais de catalogação na publicação (CIP) (CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

C418m	CETESB (São Paulo) Manual do usuário do programa de computador Biogás : geração e uso energético – efluentes e resíduo rural - versão 1.0 / CETESB, Secretaria do Meio Ambiente, Ministério da Ciência e Tecnologia. - - São Paulo : SMA : CETESB : MCT, 2006. 62 p. : il. color. ; 30 cm + 1 CD ROM Conteúdo: v. 2. Efluentes e resíduo rural. Guia para recuperação e uso energético do biogás gerado por efluentes domésticos, comerciais, industriais ou rurais em estações de tratamento anaeróbio de efluentes. - CD ROM. Manual v.1-2, programa executável e código fonte. Disponível também em : < http://www.cetesb.sp.gov.br > ISBN 1. Biogás - combustível 2. Digestão anaeróbia 3. Efluentes líquidos 4. Energia 5. Programas computador – manual I. São Paulo (Estado) Secretaria do Meio Ambiente. II. Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. III. Título.
CDD (21.ed. Esp.)	005.368 2 665.776
CDU (ed. 99 port.)	662.767.2 : 004.42 (035)

Margot Terada – CRB 8.4422
Impressos 300 exemplares no verão de 2006.

Apresentação

Desde o início da Revolução Industrial, o desenvolvimento tecnológico em que se baseia o estilo de vida da sociedade moderna privilegiou o uso de máquinas que consomem combustíveis fósseis como o carvão, o gás natural e, especialmente, a gasolina e o diesel. Mas foi só nos anos 70, com a eclosão dos conflitos no Oriente Médio, que o mundo constatou a grande dependência que foi criada, ao longo dos anos, em relação ao petróleo e passou a procurar por fontes alternativas de energia.

Durante a crise de abastecimento de petróleo, as pesquisas apontaram para várias alternativas, merecendo destaque o biogás gerado pela digestão anaeróbia de efluentes líquidos. Trata-se de uma mistura gasosa rica em metano, com alto poder energético, em muitos casos em quantidade suficiente para ser explorado de forma econômica.

Reatores convencionais para tratamento de efluentes em geral são utilizados, há muito tempo, em países como a Índia e a China, para a digestão de resíduos rurais e produção de gás metano. Reatores anaeróbios de fluxo ascendente para o tratamento de efluentes industriais são produtos mais recentes, desenvolvidos na década de 70 do século passado por pesquisadores da Holanda, Alemanha e Bélgica. Pouco tempo depois, a aplicação de reatores construídos com base nos mesmos princípios, destinados ao tratamento de efluentes domésticos, passou a ser estudada pioneiramente no Brasil.

O processo de implantação dessas tecnologias de tratamento de esgotos e efluentes, no Brasil, veio acompanhado de iniciativas de uso do biogás. Todavia, com a estabilização do fornecimento e redução do preço do petróleo, essas experiências foram deixadas de lado fazendo arrefecer o interesse pelo aspecto energético, dedicando maior atenção ao aspecto sanitário, ou seja, ao aperfeiçoamento do controle do processo de digestão anaeróbia.

Hoje, na vigência do Protocolo de Quioto, um novo aspecto deve ressuscitar tal interesse, pois o metano contido no biogás é um gás de efeito estufa com poder de aquecimento global 21 vezes superior ao do dióxido de carbono. Desta maneira, evitar o seu lançamento para a atmosfera utilizando-o como combustível em substituição a combustíveis fósseis é uma ação de proteção do meio ambiente, reduzindo a concentração de gases que contribuem para a elevação da temperatura planetária.

Neste cenário, o programa de computador que está sendo distribuído junto com este manual constitui um fato auspicioso, pois promove a disseminação da tecnologia de produção e uso do biogás. Trata-se de um grande serviço que o Ministério da Ciência e Tecnologia e a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, por intermédio da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, está prestando ao país tornando acessível, ao cidadão comum, por meio de uma linguagem adequada, informações sobre os sistemas de digestão anaeróbia de resíduos orgânicos, avaliando custos, investimentos e uma série de outros aspectos, especialmente a possibilidade de transformar a recuperação do metano em Créditos de Carbono.

O Brasil, que já vem se destacando no âmbito do Protocolo de Quioto, em função do domínio, de forma pioneira, da tecnologia do uso do álcool como energia automotriz, está mais uma vez mostrando o seu vanguardismo.

José Goldemberg

Apresentação

O programa de computador de que trata este manual é um dos produtos de um convênio firmado entre a CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SMA-SP e o Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, cujo objetivo era a elaboração de manuais para a orientação do uso energético de biogás e fomento da formação de centros para o desenvolvimento dessa atividade no Brasil.

O convênio foi antecedido por fatos ocorridos na segunda metade da década de 90, quando a CETESB realizou, sob a coordenação do MCT, o inventário de emissões de metano gerado pela degradação anaeróbia de resíduos. Esse inventário faz parte da comunicação nacional, onde estão contabilizadas todas as emissões antropogênicas de gases de efeito estufa no Brasil. A CETESB também promoveu uma série de seminários debatendo as alternativas de uso energético do biogás gerado pelos resíduos.

Além disso a CETESB, a SMA-SP e o MCT contribuem, com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas para o aperfeiçoamento dos métodos de quantificação das emissões de metano pela degradação anaeróbia de resíduos. Desta maneira, a expectativa é de que pesquisadores de todo o mundo possam estimar com maior exatidão as emissões de metano em seus respectivos países.

Estamos, agora, dando um novo passo com o lançamento deste programa de computador que vai contribuir para aumentar o interesse em torno deste tema, em todos os níveis, pois a linguagem utilizada permite que mesmo um leigo faça a estimativa da emissão de metano de uma instalação de tratamento anaeróbio de esgotos domésticos, de tratamento anaeróbio de efluentes industriais ou de tratamento anaeróbio de resíduo rural.

O programa de computador, escrito com o emprego da linguagem de computação Visual Basic, foi registrado em nome do convênio por duas razões. A primeira por estar disponível para consulta em CD-ROM, onde também se encontra o programa executável. Com esta medida, qualquer instituição de pesquisa ou mesmo o empreendedor poderá alterá-lo, aperfeiçoando-o de diferentes maneiras. A segunda razão visa a sua proteção e a garantia de que estará sempre disponível gratuitamente ao contribuinte, sem que seja permitida a sua exploração comercial.

Otávio Okano

Sumário

Prefácio	13
Introdução	14
Conceito geral do programa Biogás, geração e uso energético	16
Conteúdo do CD-ROM	19
Instalação do programa	20
Apresentação – telas iniciais	22
Definições e limitações do programa	23
O Estudo	26
Características da ETAE	26
Estimativa de geração de biogás na ETAE – entrada de dados	31
Medição direta do metano na ETAE	31
Estimativa por matéria total	32
Estimativa por carga orgânica – DBO ₅	32
Estimativa de geração de biogás na ETAE – resultados	33
Energia disponível e estimativa de uso	35
Escolha da tecnologia de uso energético	38
Uso do gás como combustível para queima direta	39
Uso do gás para geração de eletricidade	39
Dimensionamento simplificado da implantação do projeto de uso de biogás	40
Tratamento	40
Compressão	41
Gasômetro	41
Queimador	41
Transporte canalizado do gás	42
Preço da tonelada de dióxido de carbono e duração do projeto de Crédito de Carbono	43
Resumo de possíveis custos e rendimentos	43
Resumo de custos e rendimentos	44
Investimentos e Créditos de Carbono	45
Quantidades	46
Geração, impressão e armazenamento do relatório	47
Identificação do responsável pelo estudo	47
Final do estudo	47
Bibliografia	48
Anexos	49
Sobre a propriedade e permissão de uso do programa	56
Nota do programador	56
Agradecimentos	58

Lista de equações

Equação 1 – Estimativa da energia elétrica consumida no mês por diferentes equipamentos	28
Equação 2 – Estimativa do total de energia elétrica consumida por mês no interior da ETAE	29
Equação 3 – Energia elétrica consumida por mês na vizinhança da ETAE	29
Equação 4 – Energia calorífica consumida por mês na vizinhança da ETAE	30
Equação 5 – Estimativa da menor vazão mensal (Q_i) de metano no ano (matéria total)	32
Equação 6 - Estimativa da menor vazão mensal (Q_i) de metano no ano	33
Equação 7 – Potência disponível	35
Equação 8 – Energia disponível	36
Equação 9 – Energia útil, energia para uso como gás e energia para uso como eletricidade	36

Lista de tabelas

Tabela 1 – Demandas de energia:	23
Tabela 2 – Potência elétrica de diferentes equipamentos:	23
Tabela 3 – Custo de diferentes equipamentos para uso de gás	24
Tabela 4 – Custo de diferentes partes do sistema de reaproveitamento.....	24
Tabela 5 – Custo de diferentes equipamentos de geração de eletricidade	25
Tabela 6 – Lista de equações empregadas na folha de resumo.....	44
Tabela 7 - Produção diária de biogás para os tipos mais comuns de resíduos orgânicos	49
Tabela 8 – Fatores de emissão diária de DBO ₅ por produto ou atividade	49

Prefácio

De acordo com a legislação vigente, o uso, o estudo, a reprodução e a distribuição deste, são livres, desde que sejam citadas as instituições realizadoras e financiadoras do programa original. Este programa teve seu registro solicitado junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI de acordo com a Lei de Software n° 9.606/98, 9.609/98 e seus regulamentos – Decreto n° 2.556/98 e na Lei de Direito Autoral n° 9.610/98.

Acompanham o programa executável, o seu “código fonte”, ou seja, cada linha de programação com todas as variáveis e fórmulas empregadas para o seu funcionamento, o auxiliar de instalação e o seu manual do usuário.

Os autores dedicaram especial atenção para as estimativas elaboradas pelo programa. A seqüência de apresentação das telas, a entrada e armazenamento das informações, e a forma de apresentação do relatório, foram, dentre outros cuidados, revisados, corrigidos e reescritos até esta forma final. Todavia, acredita-se que esta primeira versão, assim como qualquer outra primeira versão de programa de computador, ainda contenha oportunidades de aperfeiçoamento e, até mesmo, erros.

Com tal preocupação e considerando a necessidade de compartilhar com as demais instituições nacionais o conhecimento desenvolvido ao longo dos últimos anos pelos técnicos do Governo do Estado de São Paulo, em parceria com o Governo Federal, optou-se por permitir o acesso ao “código fonte” deste programa. Assim, o usuário pode, empregando editores e compiladores adequados, compreender melhor e aperfeiçoar livremente este produto, adaptando-o às necessidades do seu Estado, municipalidade, instituição de pesquisa ou ensino ou empresa do setor de saneamento ou energia.

Seus criadores e financiadores solicitam que essas contribuições sejam remetidas para a CETESB para que uma eventual nova versão possa considerar a possibilidade de incorporá-las.

Introdução

Este programa tem o objetivo de auxiliar a avaliação de viabilidade do uso energético do biogás gerado pela degradação de efluentes domésticos, comerciais, industriais e rurais em estações de tratamento anaeróbio.

O biogás é uma mistura gasosa gerada pela degradação anaeróbia, ou seja, sem a presença de ar, da matéria orgânica presente nos efluentes domésticos, comerciais, industriais ou rurais. Este programa leva em conta os processos de degradação que ocorrem em estações de tratamento anaeróbio de efluentes (ETAE).

Essa mistura gasosa é composta, principalmente, por metano e dióxido de carbono. Gerado em ETAE, tem, em média, 60% de metano e 40% de dióxido de carbono, chegando a até 80% de metano em alguns casos. Quanto maior a fração de metano, mais energia por unidade de massa está contida no biogás. Além desses dois gases, o biogás contém dezenas de outras substâncias, dentre as quais se destacam o gás sulfídrico, que provoca mau-cheiro na vizinhança, na proporção entre 0,1 e 2%, traços de siloxinas, que assim como o gás sulfídrico, reduzem a vida útil dos equipamentos de uso energético; e o vapor d'água.

Nas décadas de 70 e 80, com as crises do petróleo, o preço internacional da energia se elevou significativamente. Além disso, as incertezas de abastecimento levaram os países de todo o mundo a adotar estratégias de racionamento, desenvolvimento de fontes alternativas de energia ou expansão da produção própria de petróleo. Desta maneira, o suprimento das necessidades mínimas de energia dos países tornou-se questão de soberania nacional naquela época.

No Brasil, vários programas de energias alternativas floresceram, dentre eles, as experiências de uso de biogás em veículos substituindo gasolina. Foram empregados, tanto o biogás gerado em aterros, quanto em reatores anaeróbios.

Com o fim da crise do petróleo esses programas foram desativados, priorizando, novamente o uso de combustíveis fósseis.

Na década de 90, tratados internacionais como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima e o Protocolo de Quioto, destacam o fato de o metano ser um gás de efeito estufa 21 vezes mais potente, em termos de aquecimento global, que o dióxido de carbono e que a sua emissão para a atmosfera deveria ser inibida.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), criado no Protocolo de Quioto, é o instrumento pelo qual os países desenvolvidos podem apoiar países não incluídos no Anexo I da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, ao mesmo tempo em que promovem reduções das suas emissões de gases de efeito estufa pelo emprego das Reduções Certificadas de Carbono, também conhecidas como Créditos de Carbono.

Nos Estados Unidos, Europa e Ásia, centenas de instalações de tratamento anaeróbio de efluentes ou lodos dão uso energético ao biogás nelas gerado. No Brasil, já se pode encontrar, pelo menos, uma dezena de instalações desse tipo. Além da energia obtida a baixo custo, essa prática ressalta a boa gestão ambiental do empreendimento.

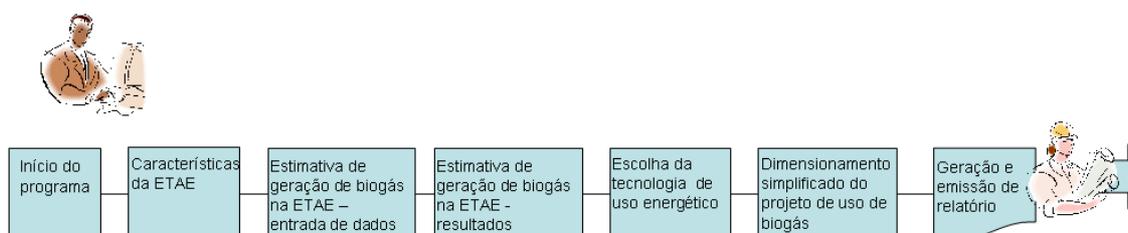
Portanto, é por este motivo que o Ministério da Ciência e Tecnologia, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB,

em sintonia com a realidade e as necessidades de desenvolvimento sustentável do Brasil, decidiram desenvolver e oferecer à sociedade este instrumento para o fomento do uso energético do biogás no país.

Conceito geral do programa Biogás, geração e uso energético

A Figura 1 representa os conceitos gerais do programa de computador para a elaboração da idéia e concepção básica de um projeto.

Figura 1 – Etapas de elaboração de um projeto



A Figura 2 representa as demais etapas para a recuperação e uso energético e seus possíveis rendimentos.

No seu início, é possível escolher entre elaborar um novo projeto e consultar um pronto, gravado anteriormente. Também no início, devem-se observar os principais parâmetros empregados durante a sua execução.

Algumas informações são solicitadas, identificando o empreendimento, a instituição responsável, seu endereço, os técnicos e administradores responsáveis e, se houver disponibilidade, mapas na escala do Estado e do município podem ser somados a essas informações.

Além disso, o programa inclui algumas perguntas sobre as distâncias entre o empreendimento e bairros vizinhos ou possíveis clientes.

Devem ser respondidas as perguntas a respeito do gerenciamento da ETAE. Cada item listado permite a inclusão de comentários que auxiliarão na compreensão das condições operacionais e logísticas do empreendimento avaliado.

Além desses comentários, deve-se também preencher o questionário de demandas de energia internas e externas da ETAE. Os idealizadores do programa consideraram alguns pressupostos de uso dos equipamentos que devem ser listados e observados pelo usuário à medida em que preenche o questionário e, se houver divergências, providências para correção da estimativa podem ser tomadas. Procurou-se empregar as unidades de energia mais comuns e popularizadas.

Essas quantidades serão rerepresentadas ao longo do programa para que o usuário possa, levando em conta as suas necessidades de energia, escolher o uso a ser dado ao biogás.

Para a efetuar a estimativa de emissão, o usuário deve ter em mãos alguns registros da operação da ETAE.

Devem ser conhecidos os históricos de emissão de metano, tratamento de efluente ou operação da ETAE.

É comum a instalação, antes do queimador, um medidor de fluxo de gás, para o registro diário da vazão, desde o início da operação do equipamento. Esses registros feitos durante um ano, permitem a identificação da variação sazonal e dão a base para uma estimativa de uso energético confiável. A primeira alternativa do programa é o emprego das medições de metano do reator. Essa se aplica a todos os processos industriais. A segunda alternativa é o emprego de dados da literatura que permitem a realização de uma estimativa preliminar. Essa é voltada, principalmente, para as instalações rurais.

Assim, a estimativa das emissões de metano é considerada constante e é apresentada na forma gráfica. O gráfico pode ser alterado, copiado e incluído em um editor de textos.

Essa estimativa será mais precisa, quanto melhores forem as informações empregadas. Adicionalmente, outros meios devem ser procurados para confirmar essas primeiras estimativas.

Quando se converte a quantidade de gás em energia disponível na ETAE, são consideradas algumas perdas possíveis, que devem ser consideradas e informadas no programa.

A fase de escolha da tecnologia de uso energético é dividida em duas:

1. escolha das quantidades de energia que serão utilizadas,
 2. escolha da tecnologia de conversão e uso da energia.
-
1. Para definir as quantidades de energia, o usuário pode experimentar diferentes usos, que são limitados pela quantidade de gás disponível. O período de viabilidade do empreendimento é definido igual ao período de operação da ETAE.
 2. A escolha da tecnologia de conversão conclui o processo de concepção do projeto. São listadas algumas tecnologias e suas estimativas de preços, que devem incluir os custos de investimento, operação e manutenção.

É feito um projeto simplificado do sistema de coleta e tratamento do biogás, que inclui quantidades e custos de diferentes componentes desse sistema.

Finalmente o programa apresenta uma análise que inclui o custo da geração energética, potenciais ganhos pela venda de Créditos de Carbono e várias outras informações.

O programa ainda permite gravar o estudo feito ou imprimi-lo, gerando um relatório desse potencial empreendimento.

Com esse estudo, o usuário deu um importante passo para compreender um outro aspecto do empreendimento sanitário em questão.

Deve-se, a partir desse ponto, ampliar as discussões, rever os valores empregados nas estimativas e expandir o leque de informações de alternativas de emprego do biogás.

Alerta:

Este programa não incluiu, nos seus pressupostos, considerações tributárias, que variam no país, diferindo entre Estados e municípios. Não foram incluídas considerações de depreciação ou atualização financeira nas estimativas de valores e nas suas somas. Não foram consideradas, ainda, limitações legais de transporte de gás ou inserção de energia elétrica na rede.

Figura 2 – Etapas para implantação de um projeto



Se o usuário deste programa ficou satisfeito com as perspectivas de rendimentos e, também com a idéia e a concepção básica do projeto de uso energético, deve passar para as fases seguintes desta simulação.

Estas atividades são, seguramente, mais onerosas e demandam um tempo de dedicação maior. Os idealizadores deste programa têm a esperança de que, com os exercícios propostos, encontre-se a motivação necessária para o esforço adicional que deve ser feito nos próximos estágios de desenvolvimento.

Todas as informações usadas, desde a geração de efluentes, carga orgânica e consumos energéticos, entre outras, devem ser verificadas, confirmadas e detalhadas. Para essa fase é necessária a contratação de uma ou mais empresas de consultoria que farão as avaliações necessárias, assumindo, inclusive, responsabilidades contratuais a esse respeito.

As providências nessa fase devem incluir, não só as verificações para a avaliação de viabilidade energética, mas também as que contabilizam os Créditos de Carbono que poderão ser gerados.

A correção dos dados e o dimensionamento do empreendimento não bastam para garantir o seu sucesso. O empreendedor deve estudar, também, os possíveis arranjos comerciais que viabilizarão o empreendimento. Critérios técnicos, financeiros, políticos e legais se somam para definir o arranjo com maior probabilidade de sucesso.

Instituições financeiras nacionais e internacionais procuram por bons projetos de Créditos de Carbono no Brasil. Um arranjo financeiro pode antecipar os recursos gerados pela venda de Créditos de Carbono de alguns anos de atividades, gerando recursos suficientes para financiar todo ou parte do projeto. A seleção dos equipamentos levará em conta os custos de eventuais importações e custos associados à sua manutenção. Também se deve levar em conta o tempo de vida útil do equipamento, seus períodos de manutenção e eventuais necessidades de reposição, seja parcial ou total.

Por fim, o que se espera com este programa é que a atividade de uso energético do biogás torne-se cada vez mais uma realidade, gerando receita, racionalizando o uso de energia e melhorando as condições sanitárias e ambientais no Brasil.

Especial atenção deve ser dada para a obtenção das licenças ambientais em âmbito Municipal, Estadual e Federal. Por se tratarem de projetos com explícito apelo ambiental, todos os cuidados exigidos pela lei devem ser rigorosamente observados.

Conteúdo do CD-ROM

Além do programa executável, este CD-ROM contém as seguintes pastas:

- Aterros
 - o Código Fonte,
 - o Manual,
 - o Instalação e
 - o Help.
- Efluentes e resíduo rural
 - o Código Fonte,
 - o Manual,
 - o Instalação e
 - o Help.
- Adobe

O arquivo executável que inicia a instalação automática do programa está na raiz do CD, o que faz com que toda vez que o CD-ROM é introduzido no computador, se inicie a rotina de instalação. Esta rotina necessita ser executada uma única vez.

Os arquivos do Visual Basic que compõem este programa de computador estão na respectiva pasta Código Fonte e suas pastas: imagens em bin e temp, TemPE em Debug e Release em obj.

A via digital deste manual encontra-se na respectiva pasta Manual.

Os arquivos executáveis que instalam o programa em seu computador estão na respectiva pasta Instalação.

Instalação do programa

Este programa foi desenvolvido no Brasil e seus realizadores preocuparam-se em viabilizar o seu uso pelo o público em geral, mesmo entre os não familiarizados com os métodos de estimativa de geração de biogás em ETAEs.

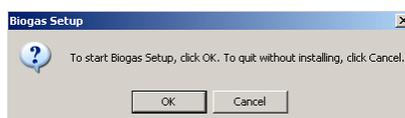
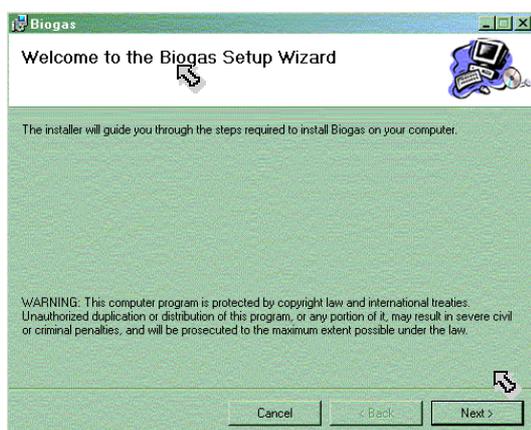
Quaisquer comentários sobre o seu uso e sugestões devem ser encaminhados para o endereço eletrônico: biogas@cetesbnet.sp.gov.br.

A instalação, confecção de cópias, distribuição e uso são livres, bastando apenas que sejam citados os seus realizadores e apoiadores.



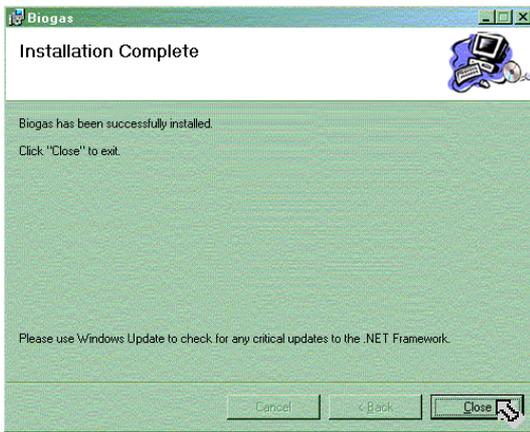
O programa de computador “Biogás, geração e uso energético” é de uso livre, elaborado em Visual Basic. Necessita da seguinte configuração mínima para sua instalação e funcionamento adequados:

- Computador Pentium II ou superior,
- Com pelo menos 400 MHz,
- 64 MB de memória RAM,
- Leitor de CD,
- 50 MB de espaço livre na memória,
- Sistema operacional Windows 98 ou superior e
- Impressora.



Ao clicar em instalar inicia-se o assistente de instalação do programa. Este auxiliar, em língua inglesa, demanda do usuário conhecimentos básicos desse idioma.

Ao identificar uma versão anterior deste programa, o instalador solicita que esta seja removida. Isso deve ser feito com o auxílio do aplicativo de instalar e remover programas em seu computador.



Em um período inferior a 5 minutos, o assistente de instalação deve atingir seu objetivo. Quando a mensagem “*Installation Complete*” é apresentada, deve ser encerrado.



Ao final, é instalado, na área de trabalho do computador, o ícone que permitirá iniciar o programa. Também será encontrada, na lista de programas, uma nova linha “BIOGÁS”, que também permite o seu início.

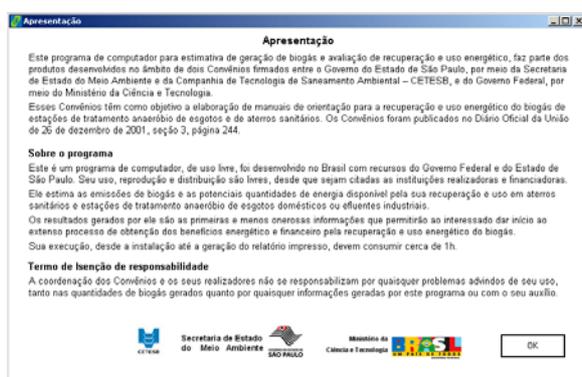
A sua melhor visualização foi planejada para computadores com a configuração 800 x 600 pixels.

Sua execução, desde a instalação até a geração do relatório impresso, deve consumir cerca de uma hora.

Apresentação – telas iniciais



Biogás, geração e uso energético – efluentes / resíduo rural, versão 1.0 é um programa de computador e faz parte dos produtos desenvolvidos pelos convênios firmados entre o Governo Federal, por intermédio do Ministério da Ciência e Tecnologia e o Governo do Estado de São Paulo, por intermédio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB.



Esses convênios têm como objetivo a elaboração de manuais de orientação para a recuperação e uso energético do biogás de estações de tratamento anaeróbio de esgotos e de aterros e foram publicados no Diário Oficial da União de 26 de dezembro de 2001, seção 3, página 244.

Definições e limitações do programa

Este programa não incluiu nos seus pressupostos as considerações tributárias, que variam no país, diferindo entre os Estados.

Não estão incluídas considerações de depreciação ou atualização financeira nas estimativas de valores e nas suas somas.

Também não foram considerados todos os elementos de preparação de projetos no âmbito do Protocolo de Quioto. Trata-se de um mercado em formação, com decisões e regras ainda em construção no período de elaboração deste produto.



Para alterar algumas das definições do programa, o usuário deve clicar em **Ferramentas** e **Opções...**. Em seguida se tornarão acessíveis telas que permitirão a redefinição de alguns dos mais importantes parâmetros do programa.



Na tela **Demandas de Energia**, o usuário pode redefinir os pressupostos considerados pelos autores para estimar as demandas internas e externas de energia, alterando os valores nesses quadros. Cada nova instalação do programa deve ser acompanhada de uma revisão dos valores considerados nessa tela.

Tabela 1 – Demandas de energia:

Equipamento	Unidade	Quantidade
Energia elétrica consumida por unidade residencial	(kWh/mês)	200
Energia elétrica consumida por unidade comercial	(kWh/mês)	1.000
Energia calorífica consumida de GLP ¹ em residências	(Botijão P13 ² /mês)	1
Energia calorífica consumida de GLP em comércio	(Botijão P13/mês)	5

Tabela 2 – Potência elétrica de diferentes equipamentos:

Equipamento	Unidade	Potência
Geladeira	W	50
Lâmpada fluorescente	W	20
Ar condicionado de parede	W	1.500
Ventilador	W	130
Torneira elétrica	W	5.400

¹ GLP – Gás liquefeito de petróleo

² Botijão P13 – Botijão comum de GLP com 13 quilos

Aerador	W	73.500
Microondas	W	1.300
Lâmpada incandescente	W	100
Ar condicionado "split"	W	1.000
Chuveiro elétrico	W	3.200
Aquecedor elétrico	W	3.000

ALERTA:

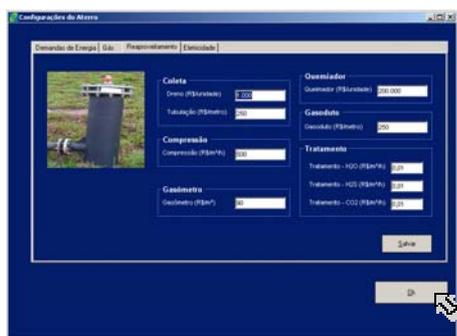
Antes da realização de um novo projeto é interessante que o usuário verifique as quantidades estimadas. Todavia, caso isso não seja feito, correções podem ser feitas, mesmo durante a execução do programa.



A tela **Gás** permite que sejam redefinidos os custos de uso final da energia do biogás na forma direta. Uma boa pesquisa de mercado pode elevar significativamente a qualidade das informações geradas por este programa.

Tabela 3 – Custo de diferentes equipamentos para uso de gás

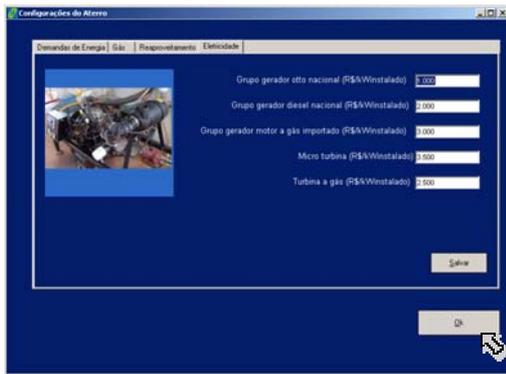
Equipamento	Custo de adaptação (R\$)	Custo de um novo (R\$)
Fogão	200	1.000
Caldeira a vapor	50.000	150.000
Evaporador de choro	Não disponível	Não disponível
Iluminação a gás	3.000	5.000
Kit de uso de gás veicular	2.000	3.000



A tela **Reaproveitamento** permite que sejam redefinidos os valores estimados dos elementos de custo de reaproveitamento.

Tabela 4 – Custo de diferentes partes do sistema de reaproveitamento

Equipamento	Unidade	Valor
Dreno	R\$/unidade	1.000
Tubulação	R\$/m	250
Compressão	R\$/m ³ /h	500
Gasômetro	R\$/m ³	90
Gasoduto	R\$/m	250
Remoção de H ₂ O	R\$/m ³ /h	0,01
Remoção de H ₂ S	R\$/m ³ /h	0,01
Remoção de CO ₂	R\$/m ³ /h	0,01
Queimador	R\$/unidade	10.000



Assim como para o uso direto do gás, na tela **Eletricidade** é possível redefinir os custos de geração de energia elétrica por diferentes alternativas disponíveis no mercado no momento da sua execução.

Tabela 5 – Custo de diferentes equipamentos de geração de eletricidade

Equipamento	Valor (R\$/kW instalado)
Grupo gerador Otto nacional	1.000
Grupo gerador diesel nacional	2.000
Grupo gerador a gás importado	3.000
Micro-turbina	3.500
Turbina a gás	2.500

ALERTA:

Não foi considerado o tempo de vida do equipamento nem seu custo de operação e manutenção. Tais estimativas podem ser incluídas nos custos dos equipamentos, de forma simplificada.

O Estudo



O usuário deve escolher entre duas alternativas:

Novo Projeto, se deseja fazer um novo estudo ou

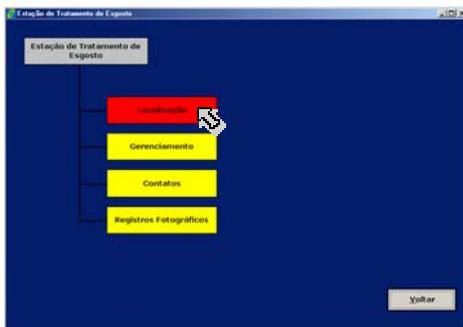
Abrir Projeto, para rever um feito anteriormente.

A opção **Sair** do programa encerra o aplicativo.

Características da ETAE



Clicando em **Novo Projeto**, inicia-se a rotina de elaboração de um novo projeto. Deve-se executar o programa de computador na seqüência sugerida, de cima para baixo, iniciando em **Características da ETAE**.



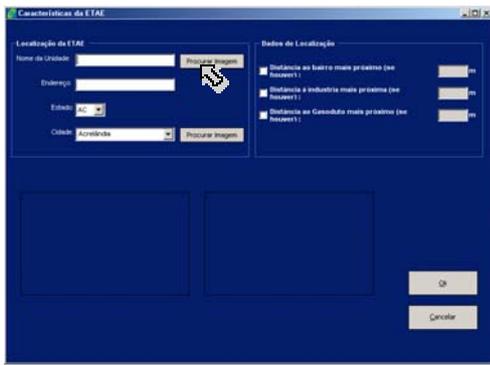
Para definir as características da ETAE são necessárias informações de³:

- localização,
- gerenciamento,
- contatos e
- registros fotográficos

Acerca das informações sobre localização, recomenda-se o preenchimento de todos os campos, todavia, apenas as de localização da ETAE são obrigatórias.

³ Legenda:

- Informação de preenchimento obrigatório
- Informação de preenchimento facultativo
- Informação já fornecida

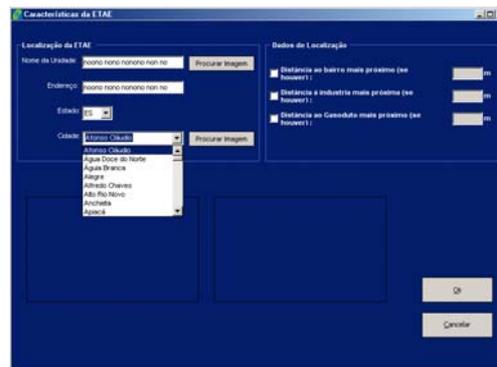
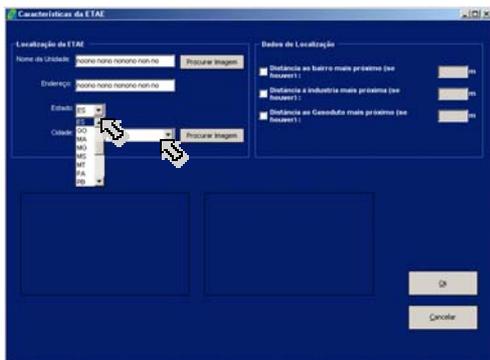


Algumas informações identificando o empreendimento são solicitadas:

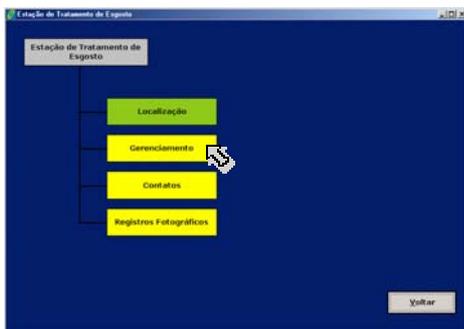
- a instituição responsável,
- distâncias entre o empreendimento e possíveis usuários da energia do gás,
- endereço, e
- se houver disponibilidade, mapas na escala do Estado e do município podem ser somados a essas informações⁴.



Clicando em **Procurar imagem**, o aplicativo procura nas pastas e periféricos do computador o local onde se encontra instalado o arquivo da imagem correspondente ao mapa ou foto aérea.

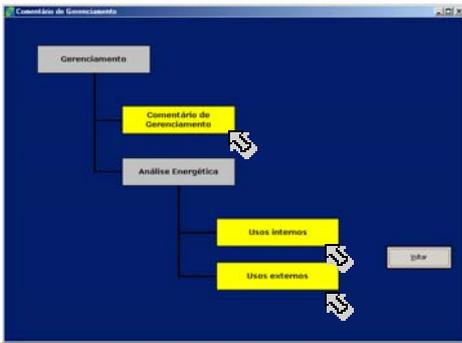


Os arquivos internos do programa também oferecem ao usuário uma lista de municípios e Estados, para facilitar e dar consistência ao conjunto das informações do projeto.



Apenas as informações sobre a localização da ETAE são obrigatórias. Todavia, o preenchimento das demais conferirá maior qualidade ao estudo, destacando-se as informações sobre o gerenciamento, onde dados de usos de energia são solicitados.

⁴ Há inúmeras fontes de obtenção dessa informação. Recomenda-se o uso do Servidor de Mapas da página na Internet da Fundação IBGE (www.ibge.gov.br). Com o auxílio de um editor de imagens pode-se produzir um mapa destacando o município onde se localiza o empreendimento no Estado. Imagens de satélite do empreendimento, se disponíveis na Internet também podem ser usadas. Por fim, outra imagem recomendada é a foto aérea do empreendimento que pode ser obtida diretamente com o proprietário ou na correspondente página de Internet do empreendimento, se houver.



A avaliação de gerenciamento é dividida em:

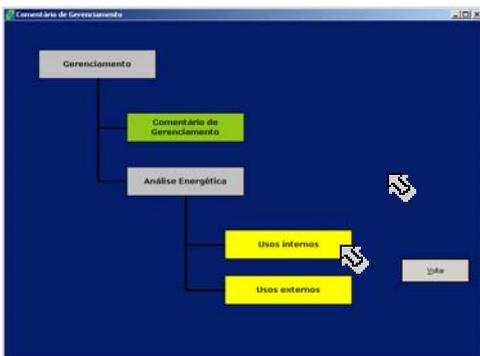
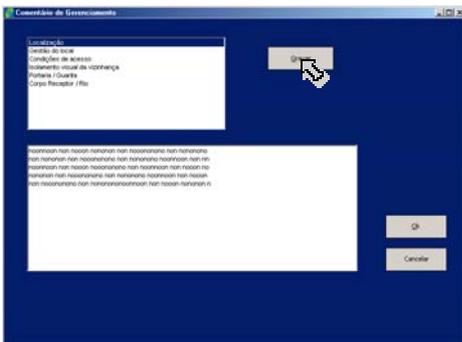
- **comentário de gerenciamento** e
- análise energética
 - **usos internos** e
 - **usos externos**

A análise das demandas separa a energia em duas formas básicas:

- energia elétrica e
- gás

Para que sejam feitos comentários sobre gerenciamento, foram listados seis tópicos facultativos que poderão ser desenvolvidos.

Cada comentário deve ser gravado para que, em seguida, se passe ao seguinte. Esses comentários comporão o corpo do relatório do empreendimento e permitirão a avaliação da consistência do conjunto das informações.



Caso o usuário não disponha de dados sobre os consumos energéticos internos do empreendimento, uma planilha pode ser preenchida para a realização de uma estimativa desse consumo.

Caso o usuário disponha da informação totalizada por mês, basta preencher os campos correspondentes, deixando de lado todos os demais.

A informação sobre consumo de gás deve ser dada em m³CH₄/mês no campo reservado para esse fim.

Note que, para cada equipamento e local, são apresentadas as estimativas das condições de uso como potência elétrica, em W, e tempo de uso diário, em h. A totalização corresponde à soma das estimativas de energia consumida no mês.

Equação 1 – Estimativa da energia elétrica consumida no mês por diferentes equipamentos

$$E_{c,local, equipamento} = P \cdot Q \cdot t \cdot 30$$

onde:

$E_{c,local, equipamento}$: Energia elétrica consumida por mês no interior [kWh/mês]

da ETAE, por diferentes equipamentos e em diferentes locais

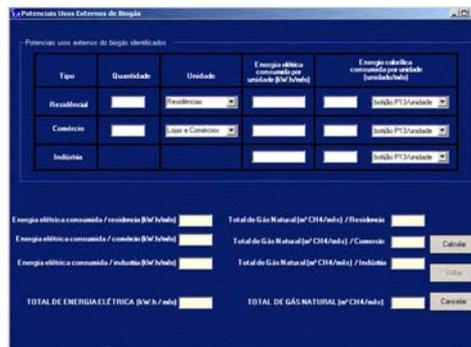
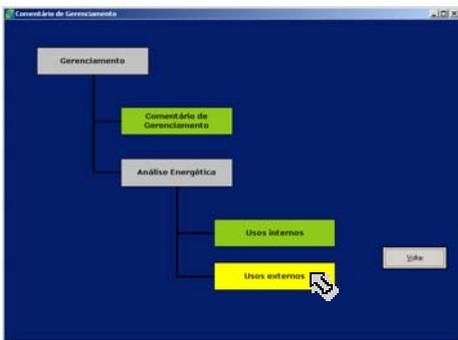
- P : Potência elétrica do equipamento no interior da [W/unidade] ETAE
- Qt : Quantidade do equipamento no interior da [unidades] ETAE
- t : Tempo de uso do equipamento por dia [h/dia]
- 30: Dias no mês [dias/mês]

Equação 2 – Estimativa do total de energia elétrica consumida por mês no interior da ETAE

$$Et = \sum_{local} \cdot \sum_{equipamento} Ec$$

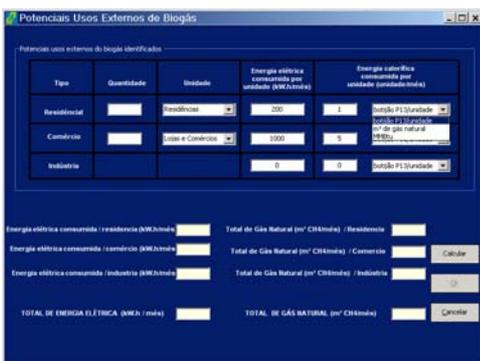
onde:

- Et : Energia total [kWh/mês]
- Ec : Energia consumida no mês [kWh/mês]



Os potenciais usos de energia externos ao empreendimento prevêem usos residenciais e industriais.

É apresentada uma estimativa inicial do consumo típico de energia elétrica de residências e estabelecimentos comerciais urbanos. Essa estimativa pode ser alterada pelo usuário.



Os campos de entrada de informação de energia calorífica por mês, permitem a escolha de três diferentes unidades. As conversões dessas informações são feitas automaticamente.

Essas quantidades de energia serão lembradas pelo programa, apoiando o usuário para que este, levando em conta suas necessidades de energia, escolha o melhor uso que fará do biogás de que dispõe.

Equação 3 – Energia elétrica consumida por mês na vizinhança da ETAE

$$Ec_e = Q_R \cdot Ee_{cm}$$

onde:

- Ec_e : Energia elétrica consumida nas residências externas à ETAE [kWh/mês]

Q_R : Quantidade de residências externas à ETAE [residência]
 E_{cm} : Energia elétrica consumida por residência [kWh/mês.res]

Equação 4 – Energia calorífica consumida por mês na vizinhança da ETAE

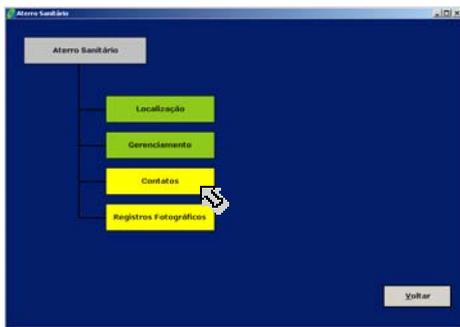
$$E_{cc_e} = Q_R \cdot E_{cm}$$

onde:

E_{cc_e} : Energia calorífica consumida nas residências externas à ETAE [m³CH₄/mês]
 Q_R : Quantidade de residências externas à ETAE [residência]
 E_{cm} : Energia calorífica consumida por residência [m³CH₄/res.mês]

e

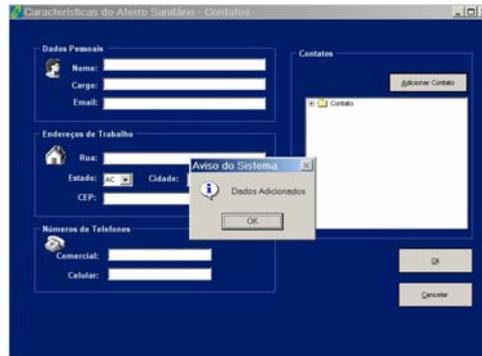
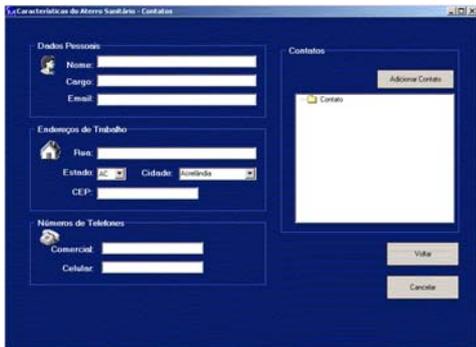
1 Botijão P13 = 16,456 m³CH₄
 1 MMBtu = 30,303 m³CH₄



Informações sobre:

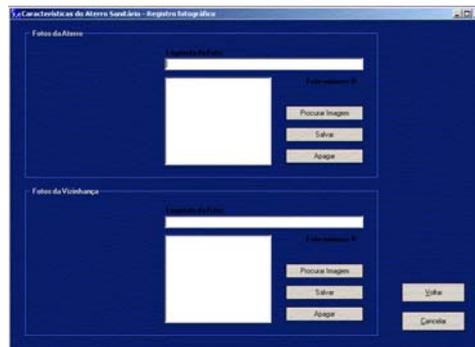
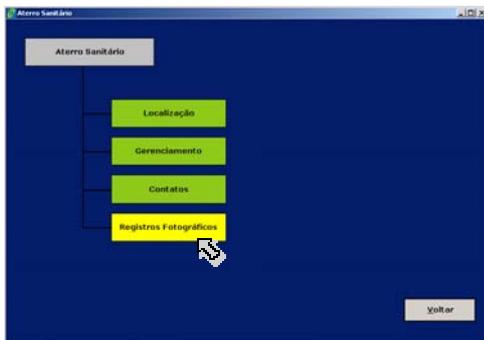
- contatos e
- registros fotográficos

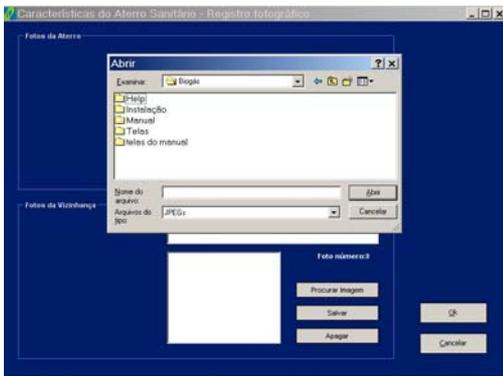
são facultativas. Todavia, recomenda-se o seu preenchimento.



Os dados acerca dos técnicos e administradores responsáveis pelas informações podem ser armazenados pelo programa. Eles constarão do relatório do projeto.

Ao final de cada inclusão clique em **Adicionar Contato**. Em seguida será exibida a mensagem **Dados Adicionados**.





Até oito fotos digitais de áreas internas e outras oito fotos digitais de áreas externas podem ser incluídas na análise da ETAE.

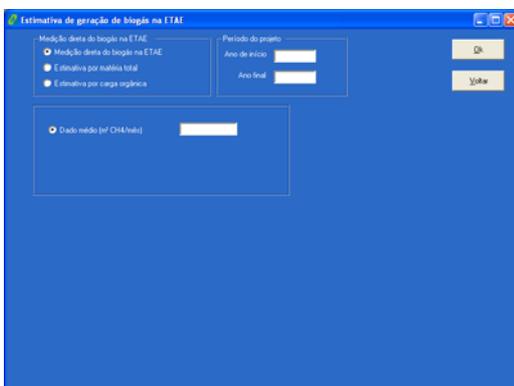
As fotos que podem ter legendas, deverão ser armazenadas em disquetes, cartões de memória, CD ou no disco rígido do computador. Seu acesso se dá clicando em **Procurar imagem**.

Estimativa de geração de biogás na ETAE – entrada de dados



A estimativa de geração de metano por uma ETAE pode ser feita por diferentes métodos. Este programa emprega fatores de geração de efluentes para fontes urbanas, rurais e industriais, fatores de produção de biogás para cada um desses efluentes e concentração de metano. Outros métodos podem ser empregados, inclusive a medição direta do gás gerado pelo reator. A escolha deste método se deve à simplicidade para a aplicação e à desejada maior confiança nos seus resultados, em consequência da sua relativa popularidade.

Medição direta do metano na ETAE



Informe o período do projeto.

O usuário deve escolher entre:

medição direta do biogás na ETAE, estimativa por matéria total, ou estimativa por carga orgânica – DBO₅

No primeiro caso, informe a vazão medida em m³CH₄/mês.

Se não é conhecida a vazão de biogás na ETAE, pode-se fazer uma estimativa. Este programa contém dois métodos que podem ser empregados para este fim. Escolha entre os métodos de estimativa por matéria total e carga orgânica em termos de DBO₅.

Estimativa por matéria total

$$Q_i = 30 \times VE^{-1} \times \sum (Pb_i \times Conc_i \times Q_t_i \times Mt_i)$$

Onde:

- Q_i = Vazão de metano ($m^3/mês$)
- 30 = 30 dias por mês ($dia/mês$)
- VE = Volume específico do metano ($kg_{CH_4}/m^3_{CH_4}$)
- Pb = Produção de biogás ($kg_{biogás}/kg_{Mt}$)
- $Conc$ = Concentração (%) ($g_{metano}/g_{biogás}$)
- Q_t = Quantidade de unidades geradoras de efluente (unidade geradora)
- Mt = Matéria total (kg)

Fonte	Unidade	Quantidade	Mt	Pb	Conc.	Qi
<input type="checkbox"/> Bovino						Valores sugeridos
<input type="checkbox"/> Equino						Valores sugeridos
<input type="checkbox"/> Suíno						Valores sugeridos
<input type="checkbox"/> Aves						Valores sugeridos
<input type="checkbox"/> Esgoto urbano						Valores sugeridos
<input type="checkbox"/> Abatedouros						Valores sugeridos
<input type="checkbox"/> Vinteito						Valores sugeridos
<input type="checkbox"/> Outros						Valores sugeridos
Total						

Observando a Equação 5 e a Tabela 7 no anexo, indique as unidades produtoras de carga orgânica, as suas quantidades, a matéria total produzida por dia, a produção de biogás e a sua concentração de metano.

Caso essas quantidades não sejam conhecidas, clique em **valor sugerido**, para editar esses dados.

Clicando em **Calcular**, obtém-se o total de metano gerado por mês.

A Equação 5 estima a geração de metano para cada porção de efluente tratado anaerobiamente.

Equação 5 – Estimativa da menor vazão mensal (Q_i) de metano no ano (matéria total)

$$Q_i = 30 \times VE^{-1} \times \sum (Pb_i \times Conc_i \times Q_t_i \times Mt_i)$$

onde:

Q_i :	Vazão de metano por mês	$[m^3CH_4/mês]$
30 :	30 dias por mês	$[dia/mês]$
VE :	Volume específico do metano	$[kg_{CH_4}/m^3_{CH_4}]$
Pb :	Produção de biogás	$[kg_{biogás}/kg_{Mt}]$
$Conc$:	Concentração de metano no biogás	$[%]$
Q_t :	Quantidade de unidades geradoras de efluente	$[unidade\ geradora]$
Mt :	Matéria total	$[kg_{Mt}/(dia.\ unidade\ geradora)]$

e

$$VE = 0,670 \text{ kg}_{CH_4}/m^3_{CH_4}$$

Note que os dados sobre geração de efluentes ou resíduo rural (matéria total) referem-se a indivíduos adultos.

Estimativa por carga orgânica – DBO_5

$$Q = 30 \times VE^{-1} \times Pi \times fDBO_5 \times MPPM \times Ef$$

Onde:

- Q = Vazão de metano ($m^3/mês$)
- 30 = 30 dias por mês ($dia/mês$)
- VE = Volume específico do metano ($kg_{CH_4}/m^3_{CH_4}$)
- Pi = Produção ou atividade industrial - ver Tab. 8
- $fDBO_5$ = Fator de emissão de carga orgânica (fator f_{gDBO_5}) - ver Tab. 8
- $MPPM$ = Menor valor de produção de metano (g_{CH_4}/g_{DBO_5})
- Ef = Eficiência de tratamento anaeróbio (%)

Pi	fDBO5	VE	MPPM	Ef	Qi
					Valores sugeridos

Observando a Equação 6 e a Tabela 8 no anexo deste manual, preencha os dados diários de produção ou atividade industrial (P_i), o fator de emissão de carga orgânica típico ($fDBO_5$) e a eficiência (E_f) do tratamento anaeróbio.

Clicando em **Calcular**, obtém-se o total de metano gerado por mês.

Note que há diferentes fatores de emissão de carga orgânica ($fDBO_5$) para produções ou atividades similares. Isso se deve às diferenças nos processos de produção. Escolha o mais adequado para o caso em estudo.

Equação 6 - Estimativa da menor vazão mensal (Q_i) de metano no ano

$$Q_i = 30 \times VE^{-1} \times Pi \times fDBO_5 \times MFPM \times Ef$$

onde:

Q_i :	vazão de metano por mês	[m ³ CH ₄ /mês]
30	30 dias por mês	[dia/mês]
VE :	Volume específico do metano	[kg _{CH₄} /m ³ _{CH₄}]
Pi :	Produção ou atividade industrial	[conf. Anexo] (ver Tabela 8)
$fDBO_5$:	Fator de emissão de carga orgânica típico	[kgDBO ₅ /um.] (ver Tabela 8)
$MFPM$:	Máximo fator de produção de metano	[kg _{CH₄} /kg _{DBO₅}]
Ef :	Eficiência do tratamento anaeróbio	[%]

e

$$MFPM = 0,25 \text{ kg}_{CH_4}/\text{kg}_{DBO}$$

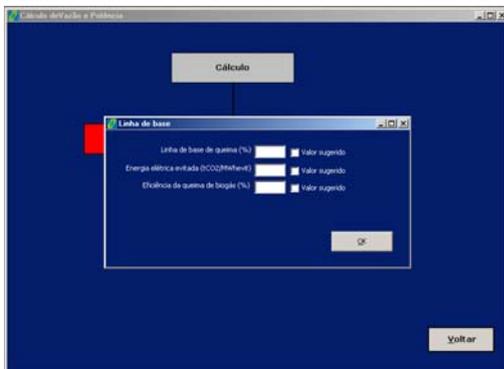
$$VE = 0,670 \text{ kg}_{CH_4}/\text{m}^3_{CH_4}$$

A Equação 5 e a Equação 6 devem estimar a menor vazão (Q_i) de metano no período do projeto, para que a estimativa energética não dimensione quantidades de energia superiores à gerada pelo sistema de tratamento.

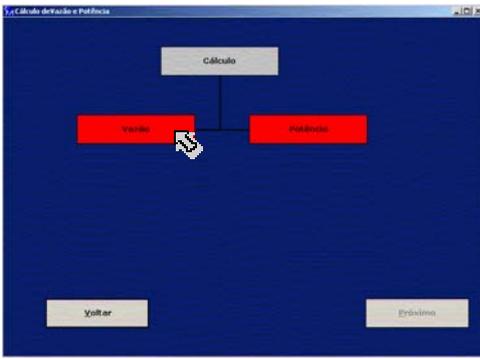
Estimativa de geração de biogás na ETAE – resultados



Antes de ver os resultados da estimativa informe:

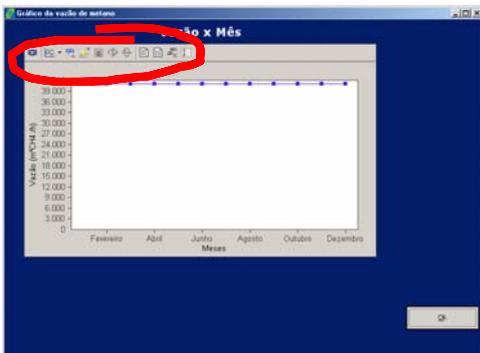


- a linha de base (taxa de queima) de metano na ETAE,
 - emissão de gás de efeito estufa evitada pela economia de energia elétrica gerada por fontes não renováveis, e
 - eficiência de queima do metano.
- Caso essas estimativas não sejam conhecidas, clique em **valor sugerido**.

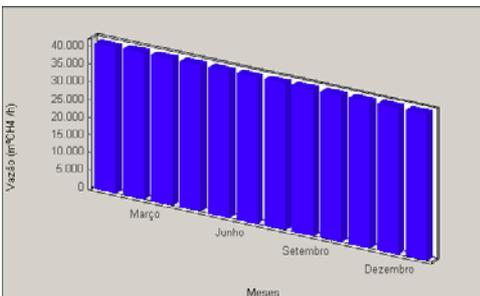


Com os dados fornecidos nas telas anteriores, o usuário tem a estimativa das emissões de metano no período de um ano. Essas informações são fornecidas na forma de gráfico que pode ter sua forma alterada para melhor visualização e interpretação.

Essa estimativa será mais precisa, quanto mais precisas forem as informações fornecidas anteriormente. Pesquisas no Brasil sobre a geração de metano nas estações de tratamento anaeróbio de efluentes domésticos, industriais e resíduo rural devem ser empregadas para confirmar essas primeiras estimativas.



Note que o gráfico pode ser alterado para a forma mais conveniente ao interesse do usuário. A imagem pode ser copiada (procure por uma máquina fotográfica na tela do gráfico) e, com um comando de colar, incluída em um texto.



Formato alternativo gerado a partir do mesmo gráfico acima.

A Equação 7 é empregada para converter a vazão de metano (Q_i) em potência disponível (P_i). Essa informação é útil para se ter uma idéia da ordem de grandeza dos equipamentos de geração de energia elétrica que poderão ser empregados.



Verifique a potência disponível.

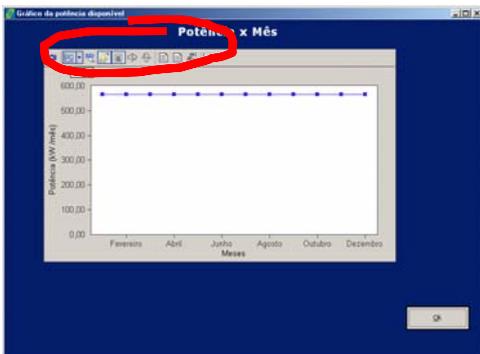
A estimativa da potência disponível (P_i) é feita a partir da seguinte equação:

Equação 7 – Potência disponível

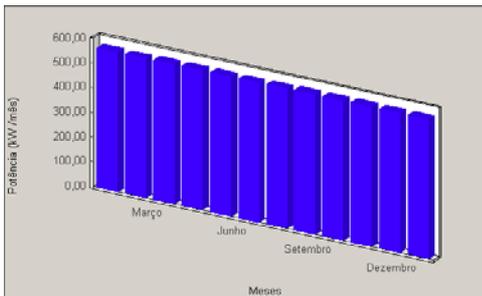
$$P_i = \frac{Q_i P_{c(\text{metano})}}{2.592.000} \frac{k}{1000}$$

onde:

P_i :	Potência disponível	[kW] ou [kJ/s]
Q_i :	Vazão de metano a cada mês	[m ³ CH ₄ /mês]
$P_{c(\text{metano})}$:	Poder calorífico do metano	[J/m ³ CH ₄]
2.592.000:	2.592.000s = 1 mês	[s/mês]
k :	$k = 1.000$	[adimensional]
e :		
$P_{c(\text{metano})}$:	igual a 35,53.10 ⁶	[J/m ³ CH ₄] e



Note que, assim como no gráfico de vazão de biogás, o gráfico da potência pode ser alterado para a forma mais conveniente ao interesse do usuário.



Formato alternativo gerado a partir do mesmo gráfico acima.

Energia disponível e estimativa de uso



Estime os potenciais usos da energia do biogás.

A disponibilidade de gás na ETAE implica disponibilidade de energia e a sua vazão define a potência do equipamento a ser instalado. Essas duas informações são necessárias para que se realize a estimativa de uso.

A estimativa da energia disponível ($E_{disponível}$) é feita a partir da seguinte equação:

Equação 8 – Energia disponível

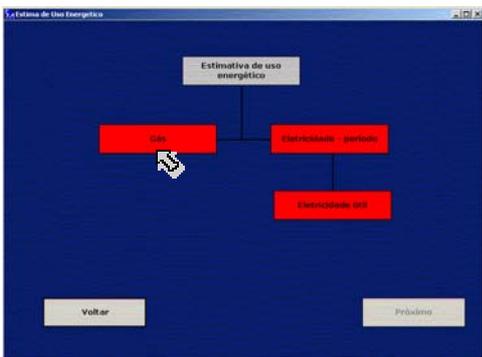
$$E_{disponível} = P_x \cdot \frac{1}{365 \cdot 24}$$

onde:

$E_{disponível}$:	Energia disponível	$[m^3CH_4]$ ou $[kWh]$
P_x :	Potência disponível	$[m^3CH_4/h]$ ou $[kW]$
365:	dias por ano	$[dia/ano]$
24:	horas por dia	$[h/dia]$

Considerando as demandas interna, externa e expectativa de venda, tanto de gás, quanto de energia elétrica, crie o perfil do seu empreendimento energético.

Energia como gás combustível.



Verifique a necessidade de gás. Em seguida, estime a demanda de energia elétrica.

A energia disponível ($E_{disponível}$) na ETAE é convertida em energia útil ($E_{útil}$). A condição $E_{disponível} > E_{útil}$ é verificada e respeitada.

Outra condição da energia útil ($E_{útil}$) é dada pela equação a seguir:

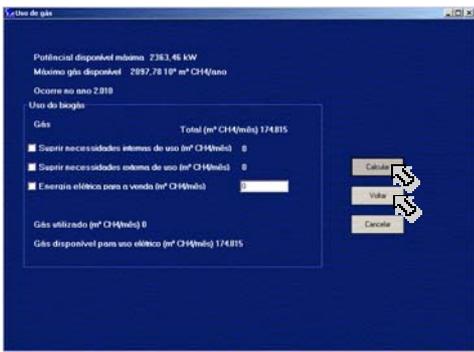
Equação 9 – Energia útil, energia para uso como gás e energia para uso como eletricidade

$$E_{útil} = E_{uso\ gás} + E_{elétrica}$$

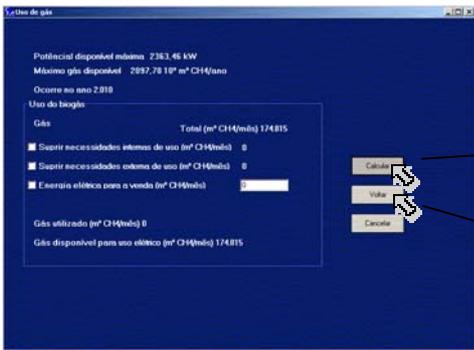
onde:

$E_{útil}$:	Energia útil	$[m^3CH_4/ano]$
$E_{uso\ gás}$:	Energia para uso como gás combustível	$[m^3CH_4/ano]$
$E_{elétrica}$:	Energia para uso como eletricidade	$[kWh/ano]$

Da mesma forma, $E_{útil} > E_{uso\ gás} + E_{elétrica}$, ou seja, a soma da energia usada como gás ($E_{uso\ gás}$) somada à energia usada como eletricidade ($E_{elétrica}$) não é superior à energia útil ($E_{útil}$).



Nesta tela, o usuário pode experimentar diferentes usos, que são definidos pela quantidade de gás disponível.

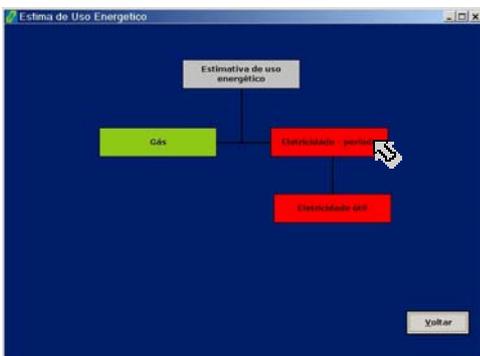


Deve-se estimar a quantidade de energia, na forma de gás, que será usada mensalmente.

- O comando **Calcular** auxilia na verificação da distribuição das quantidades, quantas vezes forem necessárias.
- Ao final, clicar em **Voltar**.

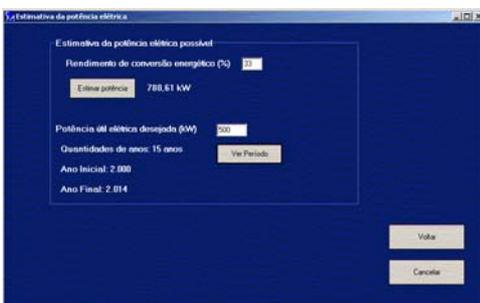
A quantidade de gás para uso como combustível é subtraída do total.

Potência elétrica disponível e período possível.



Em seguida, estima-se a demanda de energia elétrica em dois estágios:

1. estimativa da potência e
2. estimativa da quantidade de energia.



Estimativa da potência.

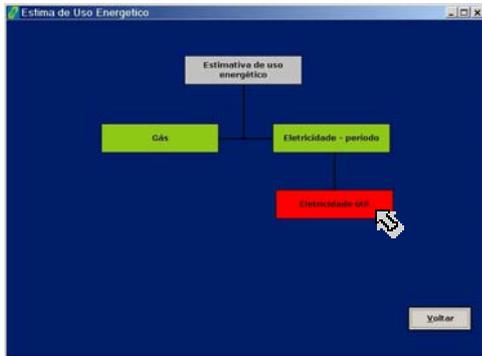
Definindo a eficiência de conversão de biogás para energia elétrica, sabe-se a potência máxima possível clicando em **Estimar potência**.

A potência útil elétrica desejada é definida em função da potência máxima possível, da eficiência da máquina térmica empregada e do período desejado.

Para conhecer o período em que a potência útil está disponível clique em **Ver Período**.

A quantidade de gás necessária para gerar a energia elétrica correspondente é subtraída do total de gás disponível, que já teve subtraída a quantidade a ser usada como gás combustível.

Geração de energia elétrica.



A estimativa seguinte é similar àquela feita para as necessidades de gás. O programa auxilia na consideração das demandas internas, externas e expectativa de vendas para criar o perfil do empreendimento energético.

Uso do biogás

Electricidade

Total (kW/h/mês) @ 22 h/L 30 (mês) 238.800

- Satisfaz necessidades externas de uso (kW/h/mês) 0
- Satisfaz necessidades internas de uso (kW/h/mês) 0
- Energia elétrica para a venda (kW/h/mês) 0

Energia usada (kW/h/mês) 0

Energia restante (kW/h/mês) 238.800

Botões: Calcular, Voltar, Cancelar

Um formulário de configuração em um software com fundo azul escuro. À esquerda, há uma seção "Uso do biogás" com o subtítulo "Electricidade". Abaixo, há um campo "Total (kW/h/mês) @ 22 h/L 30 (mês) 238.800" e três opções com caixas de seleção desativadas. Abaixo disso, há dois campos de texto: "Energia usada (kW/h/mês) 0" e "Energia restante (kW/h/mês) 238.800". À direita, há três botões empilhados: "Calcular", "Voltar" e "Cancelar". Um cursor de mouse aponta para o botão "Calcular".

Deve-se estimar a quantidade de energia elétrica, que será usada mensalmente.

- o comando **Calcular** auxilia na verificação da distribuição das quantidades, quantas vezes forem necessárias.
- Ao final clicar em **Voltar**.

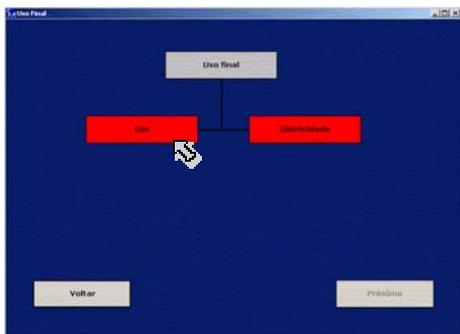
Escolha da tecnologia de uso energético



Definidas as quantidades de energia, pode-se escolher a tecnologia de uso energético. Para o uso do gás como combustível, escolhe-se entre a adaptação de um equipamento existente ou a aquisição de um novo. As tecnologias listadas para o uso direto do gás incluem fogões para cocção, caldeiras a gás ou adaptadas para o seu uso, kit de uso veicular de gás, iluminação a gás ou outra tecnologia não incluída nesta lista.

As tecnologias para uso do gás como energia elétrica incluem grupos geradores com motor Otto nacional, grupos geradores com motor diesel nacional, grupos geradores com motor a gás importado, microturbina a gás, turbina a gás ou outra tecnologia não incluída nesta lista.

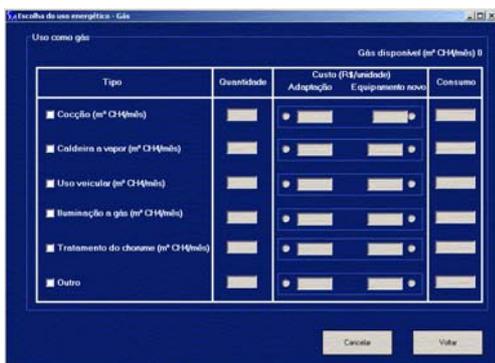
Uso do gás como combustível para queima direta



A escolha da tecnologia de geração energética para uso final divide-se entre as possíveis aplicações de:

- gás combustível e
- energia elétrica.

Esta escolha inicia-se, obrigatoriamente, pelas possíveis tecnologias de uso de gás.



Na tela de usos de gás como combustível, são listadas algumas tecnologias e suas estimativas de custos de:

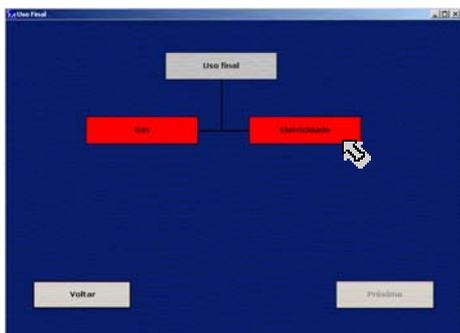
- investimento em equipamento novo, e
- investimento para adaptação de equipamento usado.

Esses custos são apenas sugestões devendo estar próximos dos praticados pelo mercado no Brasil.

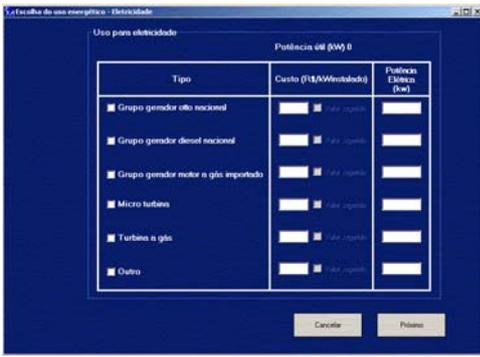
A pouca precisão dos custos acima deve-se ao fato, à época em que se elaborou este programa de computador, do mercado não estar habituado ao fornecimento e à prestação de serviço para o uso do biogás.

Esses valores podem ser aperfeiçoados pelo usuário na rotina de **Configurações da ETAE**, na tela de **Reaproveitamento**.

Uso do gás para geração de eletricidade



Concluída a definição da tecnologia de uso de gás combustível, passa-se à definição da tecnologia de geração de energia elétrica.



Da mesma forma, na tela sobre geração de energia elétrica são listadas algumas tecnologias e estimativas de custos de investimento em equipamento novo.

Esses custos são sugestões rudimentares daquilo que se espera que se pratique no Brasil.

A pouca precisão dos custos acima deve-se ao fato, à época em que se elaborou este programa de computador, do mercado não estar habituado ao fornecimento e à prestação de serviço para o uso do biogás.

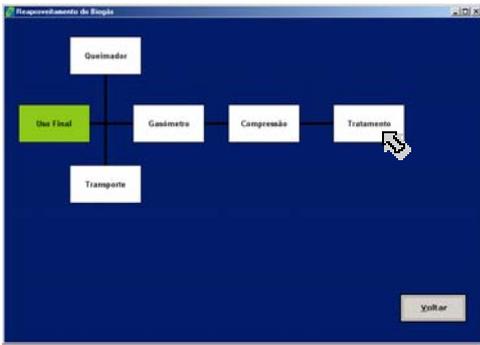
Dimensionamento simplificado da implantação do projeto de uso de biogás



A seguir, fazendo uma série de simplificações, este programa auxilia o usuário a esboçar o dimensionamento de um projeto de recuperação e uso energético de biogás. São considerados elementos como sistema de tratamento e purificação, compressão, armazenamento, transporte e queima.

Os principais pressupostos desse dimensionamento são expostos neste manual de forma que o usuário possa modificá-los e aperfeiçoá-los.

Tratamento

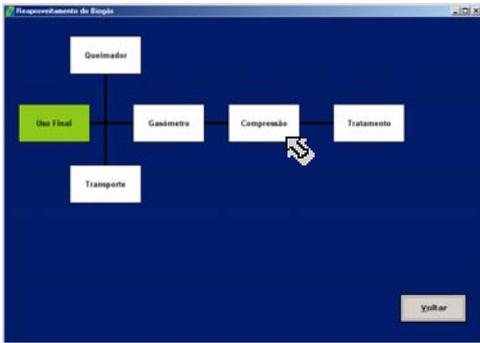


Purificação	Vazão (m³/h)	Volume (m³)	Custo (R\$/m³)	Custo (R\$)
<input checked="" type="checkbox"/> H2O filtro coalescente	307,55	113.880,00	0,01	<input type="checkbox"/> Valor sugerido 800.239,50
<input checked="" type="checkbox"/> H2S / Sulfina	307,55	113.880,00	0,01	<input type="checkbox"/> Valor sugerido 800.239,50
<input checked="" type="checkbox"/> CO2	307,55	113.880,00	0,01	<input type="checkbox"/> Valor sugerido 800.239,50

Total (R\$): 1.050.718,00
 Período de 13 anos
 Custo anual do tratamento (R\$/ano) 80.824,46

O tratamento do biogás pode ser feito com diferentes tecnologias e combinações de tratamentos, o que provoca significativa variação nos custos. Caso não se conheçam os custos de tratamento, clique em **valor sugerido**, este pode ser editado.

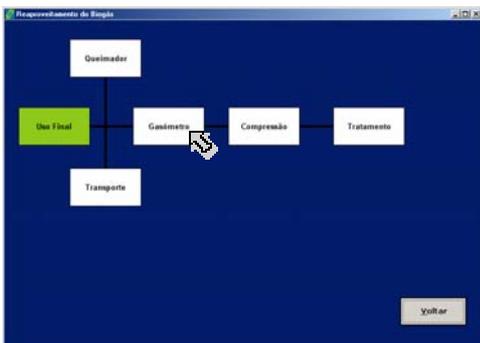
Compressão



Equipamento	Vazão (m³/h)	Custo (R\$/m³/h)	Total (R\$)
Compressão Balca	307,55	<input type="checkbox"/> Valor sugerido	<input type="checkbox"/>

O emprego de compressor gera uma pressão positiva para o armazenamento, queima ou uso final. Caso não se conheça o custo de compressão, clique em **valor sugerido**, este pode ser editado. Custos como o de resfriamento, que é associado à compressão, podem ser somados ao primeiro, aperfeiçoando a estimativa.

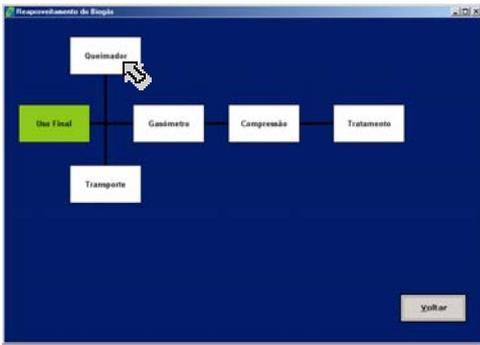
Gasômetro



Equipamento	Volume (m³)	Custo (R\$/m³)	Total (R\$)
Gasômetro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Valor sugerido	<input type="checkbox"/>

O emprego de gasômetro permite o armazenamento de diferentes volumes de combustível. Caso não se conheça o custo desse tipo de equipamento, clique em **valor sugerido**, este pode ser editado.

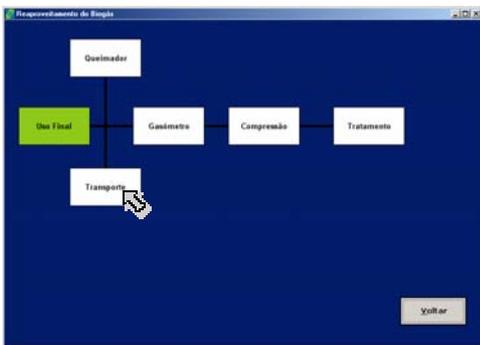
Queimador



Equipamento	Quantidade	Custo (R\$/unidade)	Total (R\$)
Queimador	<input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="checkbox"/> Valor sugerido	<input type="text"/>

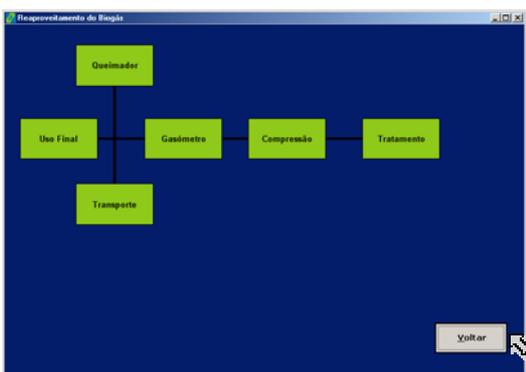
O queimador permite a combustão controlada do metano promovendo a destruição de gás de efeito estufa, o que pode ser remunerado pelos recursos correspondentes às Reduções de Emissões Certificadas de Carbono (REC) ou Créditos de Carbono⁵. Caso não se conheça o custo do queimador, clique em **valor sugerido**, este pode ser editado.

Transporte canalizado do gás



	Distância (m)	Custo (R\$/metro)	Custo do transporte (R\$)
<input type="checkbox"/> Bairro		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Indústria		<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Gasoduto		<input type="text"/> <input type="checkbox"/> Valor sugerido	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Outro	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

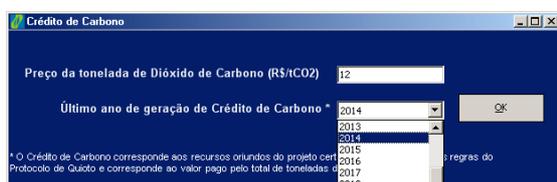
A energia, em forma de gás combustível, também pode ser vendida para uma indústria ou residências nos bairros próximos ou outra linha de gás que passe na vizinhança da ETAE. Para isso, o gás deve ser transportado em gasoduto apropriado até o ponto do consumo. Caso não se conheçam os custos de transporte, clique em **valor sugerido**, este pode ser editado.



Não é necessário que esta simulação inclua todos os elementos de projeto reunidos no programa. A seu critério, o usuário pode deixar de lado quantos elementos quiser.

⁵ Reduções de Emissões Certificadas (REC) de Carbono ou Créditos de Carbono de acordo com as definições do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Artigo 12, do Protocolo de Quioto que entrou em vigor em fevereiro de 2005.

Preço da tonelada de dióxido de carbono e duração do projeto de Crédito de Carbono



Além das vantagens da recuperação e uso energético do biogás, gerando energia de baixo custo, também é possível estimar eventuais ganhos com a venda das Reduções de Emissões Certificadas de Carbono (REC) ou Créditos de Carbono. Informe o valor do Crédito de Carbono e o último ano de duração do projeto⁶.

ALERTA:

Apesar de considerar a possibilidade de comercialização de Créditos de Carbono, este programa não se propõe a orientar a elaboração de projetos com essa finalidade, pois esse é um mercado em formação que ainda sofre constantes alterações. Não é objetivo deste trabalho elaborar um projeto conforme as regras do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto.

Projetos de Créditos de Carbono devem ser feitos de acordo com as regras definidas pelo Protocolo de Quioto e sua regulamentação.

Resumo de possíveis custos e rendimentos

⁶ Observe a lista que surge na própria tela, ao lado do campo solicitado definindo o período máximo do projeto.



Resumo de custos e rendimentos

Geração de energia de 2005 até 2020 - Período de 15 anos	
Itens	Custo (R\$)
Purificação - H ₂ S / Sulfone	R\$ 0,00
Purificação - H ₂ O/Renfortamento	R\$ 93.403,98
Purificação - CO ₂	R\$ 0,00
Custo de compressão	R\$ 28.656,39
Ossoduto do alérrio	R\$ 200.000,00
Gasômetro	R\$ 9.000,00
Queimador	R\$ 200.000,00
Custo do equipamento para uso de gás	R\$ 52.400,00
Custo do equipamento para geração elétrica	R\$ 150.000,00
Investimento para uso de gás	R\$ 131.221,80
Investimento para geração elétrica	R\$ 660.238,57
Custo da eletricidade (R\$/MWh)	R\$ 24,74
Custo do uso do gás (R\$/m ³ CH ₄)	R\$ 6,03

Crédito de carbono de 2005 até 2014 - Período de 9 anos	
Descrição	Medida
Total de CH ₄ (tCH ₄)	3.808.711
Total de CH ₄ (t)	2.581
Total de CO ₂ eq(t)	53.561
Potência (kW)	150,00
Crédito de carbono pela queima (R\$)	642.731,03
Crédito de carbono pela eletricidade (R\$)	102.432,08

Ao final, é feito um resumo dos possíveis custos, rendimentos e quantidades correspondentes ao projeto idealizado. Esse resumo inclui o custo da geração energética, potenciais ganhos pela venda de Créditos de Carbono e várias outras informações.

Tabela 6 – Lista de equações empregadas na folha de resumo

$$\begin{aligned}
 \text{custo benef} [\text{R}\$] &= \text{vazão biogás} [\text{m}^3/\text{h}] \times \text{período do projeto} [\text{h}] \times (\text{custo } \text{H}_2\text{S} + \text{custo } \text{H}_2\text{O} + \text{custo } \text{CO}_2) [\text{R}\$/\text{m}^3] \\
 \text{custo compressão} [\text{R}\$] &= \text{vazão biogás} [\text{m}^3/\text{h}] \times \text{custo da compressão} [\text{R}\$/(\text{m}^3/\text{h})] \\
 \text{custo gasômetro} [\text{R}\$] &= \text{volume} [\text{m}^3] \times \text{custo} [\text{R}\$/\text{m}^3] \\
 \text{custo queimador} [\text{R}\$] &= \text{quant} [\text{queimador}] \times \text{custo} [\text{R}\$/\text{queimador}] \\
 \text{custo transporte} [\text{R}\$] &= \text{custo transporte} [\text{R}\$/\text{m}] \times (\text{distância bairro} + \text{distância indústria} + \text{distância gasoduto} + \text{distância outro}) [\text{m}] \\
 \text{custo equip. uso gás} [\text{R}\$] &= \text{quant} [\text{fogão}] \times \text{custo fogão} [\text{R}\$/\text{fogão}] + \\
 &\quad \text{quant} [\text{caldeira}] \times \text{custo caldeira} [\text{R}\$/\text{caldeira}] + \\
 &\quad \text{quant} [\text{uso veicul}] \times \text{custo uso veicular} [\text{R}\$/\text{uso veicul}] + \\
 &\quad \text{quant} [\text{ilum a gás}] \times \text{custo ilum a gás} [\text{R}\$/\text{ilum a gás}] + \\
 &\quad \text{quant} [\text{unid trat}] \times \text{custo trat de chorume} [\text{R}\$/ \text{unid trat}] + \\
 &\quad \text{outro} [\text{R}\$] \\
 \text{custo equip ger eletric} [\text{R}\$] &= \text{custo ger Otto nac} [\text{R}\$/\text{kWinst}] \times \text{Potência} [\text{kWinst}] + \\
 &\quad \text{custo ger diesel nac} [\text{R}\$/\text{kWinst}] \times \text{Potência} [\text{kWinst}] \\
 &\quad \text{custo ger gás imp} [\text{R}\$/\text{kWinst}] \times \text{Potência} [\text{kWinst}] \\
 &\quad \text{custo micro turb gás} [\text{R}\$/\text{kWinst}] \times \text{Potência} [\text{kWinst}] \\
 &\quad \text{custo turb gás} [\text{R}\$/\text{kWinst}] \times \text{Potência} [\text{kWinst}] \\
 &\quad \text{outro} [\text{R}\$/\text{kWinst}] \times \text{Potência} [\text{kWinst}] \\
 \text{invest ger eletric} [\text{R}\$] &= (\text{custo beneficiamento} + \text{custo compressão} + \text{custo gasômetro} + \\
 &\quad \text{custo queimador} + \text{custo transporte}) [\text{R}\$] \times \text{fração de gás para} \\
 &\quad \text{ger eletric} [\%] + \text{custo equip ger eletric} [\text{R}\$]
 \end{aligned}$$

$$\text{invest uso gás [R\$]} = (\text{custo beneficiamento} + \text{custo compressão} + \text{custo gasômetro} + \text{custo queimador} + \text{custo transporte}) \text{ [R\$]} \times \text{fração de gás para uso como gás combustível [\%]} + \text{custo equip. uso gás [R\$]}$$

$$\text{custo eletricidade [R\$/MWh]} = \text{invest ger eletric [R\$]} / \text{Potência útil [MW]} \text{ Período [h]}$$

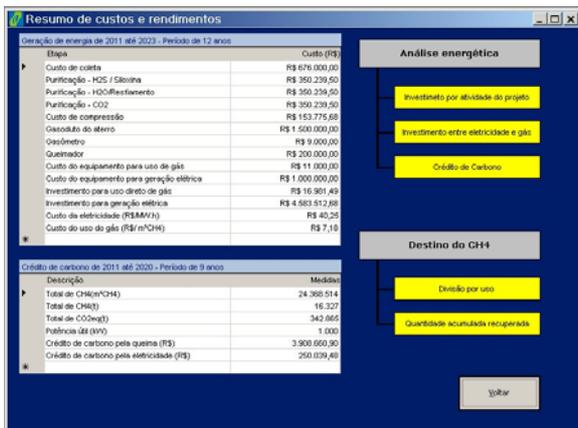
$$\text{custo uso gás [R\$/10}^3\text{m}^3\text{CH}_4] = \text{invest uso gás [R\$]} / \text{Total de CH}_4 \text{ [10}^3\text{m}^3\text{CH}_4]$$

$$\text{créd carb (queima) [R\$]} = \text{total de CH}_4 \text{ [10}^3\text{m}^3\text{CH}_4] \times 21 \text{ [tCO}_2\text{/tCH}_4] \times \text{Efic. de queima [\%]} \times \text{valor do CC [R\$/tCO}_2]$$

$$\text{créd carb (ger eletr) [R\$]} = \text{emissão típica [tCO}_2\text{/MWh]} \times \text{Potência útil [MW]} \text{ Período [h]} \times \text{Efic. de queima [\%]} \times \text{valor do CC [R\$/tCO}_2]$$

$$\text{Peso específico do CH}_4 = 0,67 \text{ [kg/m}^3]$$

Caso os resultados não sejam interessantes, o usuário poderá executar o programa novamente até obter uma configuração atraente.



Na mesma tela do resumo, também são feitas algumas considerações:

Análise energética

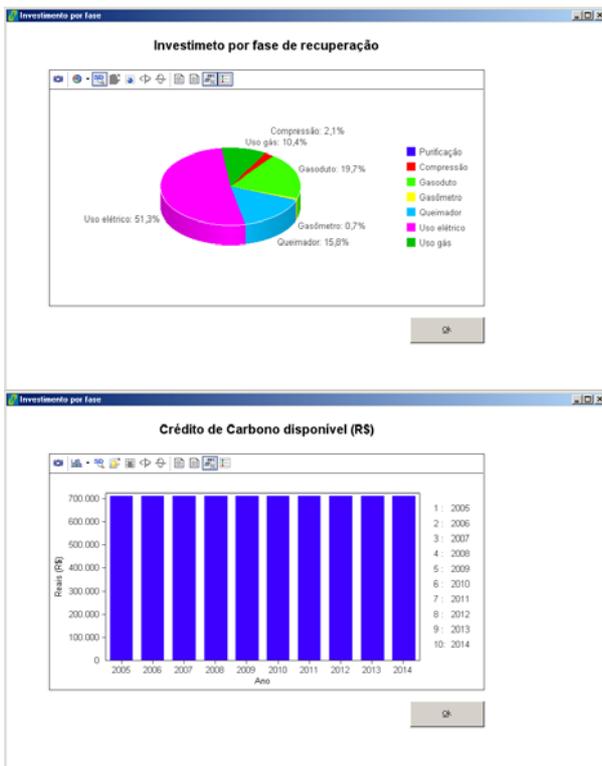
- investimento por fase de recuperação,
- distribuição dos investimentos entre geração de eletricidade e gás,
- Créditos de Carbono

Destino do Metano

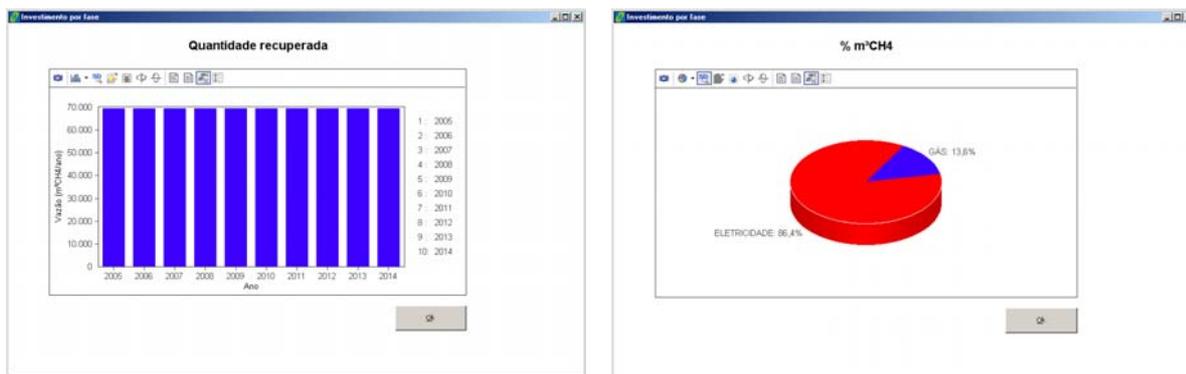
- divisão por uso, e
- quantidade acumulada recuperada

Cada uma dessas considerações pode ser observada graficamente, como segue:

Investimentos e Créditos de Carbono



Quantidades



Todas as representações gráficas, que podem ser editadas com os recursos oferecidos pelo aplicativo, são incluídas no relatório gerado ao final e podem ser capturadas para a elaboração de outro documento.

Geração, impressão e armazenamento do relatório



Identificação do responsável pelo estudo

Inclua o nome do **Técnico avaliador** e

da **Empresa do Técnico avaliador**, que vão constar do relatório que será impresso ou armazenado.

Final do estudo



Em seu final, o programa permite:

- voltar para a tela anterior,
- gerar relatório,
- salvar (gravar) o projeto ou
- sair do projeto sem gravar.

Com este estudo, o usuário deu um importante passo para compreender um outro aspecto do empreendimento sanitário em questão.

Deve-se, a partir deste ponto, ampliar as discussões, rever os valores empregados nas estimativas e ampliar o leque de informações das alternativas de emprego do biogás, conforme sugerido no item “Conceito geral do programa Biogás, *geração e uso energético*” na página 16 deste manual.

Bibliografia

- MOTTA, F.S.; Produza sua energia – biodigestores anaeróbios, Recife gráfica editora SA, 1986. (página 51).
- SALVADOR, N. N: Listagem de fatores de emissão para avaliação expedita de cargas poluidoras das águas, In 16º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Trabalhos livres, Tomo IV. Goiânia – GO, V2, páginas 03 a 22, 1991.

Anexos

Tabela 7 - Produção diária de biogás para os tipos mais comuns de resíduos orgânicos

Origem do Material (i)	Material total (Mt)	Produção de biogás (Pb)	Conc. de metano (Conc)
	[kg _{Mt} /(dia. unidade geradora)]	[kg _{biogás} /kg _{Mt}]	[%]
Bovinos	10	0,037	60
Equínos	12	0,048	60
Suínos	2,25	0,062	66
Aves	0,18	0,055	60
Esgoto urbano	150*	0,001	60
Abatedouro (kg)	1	0,100	55
Vinhoto (kg)	1	0,018	60

*Esgoto urbano: kg/(dia.pessoa)

Fonte: MOTTA, 1986

Tabela 8 – Fatores de emissão diária de DBO₅ por produto ou atividade

Atividade principal ou processo de fabricação	Unidade/dia	Fator de emissão (kgDBO ₅ /un)
Produtos minerais não metálicos		
Cristaleria e gravação sobre o vidro	t _{produto} /dia	21,6
Fabricação de lixa	t _{produto} /dia	3,19
Fibra de vidro	t _{produto} /dia	0,5 a 8,9
Vidro para pára-brisa	m ³ _{produto} /dia	0,0059
Vidro prensado e soprado à máquina	t _{produto} /dia	0,08 a 0,75
Indústria metalúrgica		
Altos-fornos de aço	operário/dia	0,5
Alumínio primário	operário/dia	0,1
Fabricação de pregos e arames recozidos com zincagem	t _{ferro utilizado} /dia	0,059
Fundição de aço e ferro cinzento	operário/dia	0,1
Laminação e estiramento de alumínio	operário/dia	0,04
Laminação e estiramento de cobre	operário/dia	0,9
Siderurgia produção de coque	t _{produto} /dia	0,58
Siderurgia produção de coque	t _{produto} /dia	0,2 a 5,7
Siderurgia produção de coque	t _{produto} /dia	3
Tratamento de chapas - fabricação de veículos	t _{chapa Fe pintada} /dia	19,3
Tubos de aço	operário/dia	0,05
Utensílios de metal caseiros	t _{chapa Fe} /dia	19,3
Indústria de madeira		
Placas de madeira (aglomerados)	t _{produto} /dia	125
Indústria de celulose, papel e papelão		
Celulose e papel com branqueamento	t _{produto} /dia	15 a 110
Celulose e papel sem branqueamento	t _{produto} /dia	24 a 55
Celulose sulfito	t _{produto} /dia	130
Fabricação de celulose	operário/dia	52,2
Mecânico branqueado	t _{produto} /dia	18
Mecânico não-branqueado	t _{produto} /dia	13
Papel	t _{produto} /dia	8
Papel	operário/dia	15,9
Papel com sistema de recuperação de água	t _{produto} /dia	6,4
Papel com sistema de recuperação de água aperfeiçoado	t _{produto} /dia	4

Atividade principal ou processo de fabricação	Unidade/dia	Fator de emissão (kgDBO ₅ /un)
Papel de todos os tipos	t _{produto} /dia	0,5 a 136
Papel em geral	t _{produto} /dia	1,08
Papelão	operário/dia	8,2
Papelão	t _{produto} /dia	54
Produtos de papel	operário/dia	12,7
Semiquímico	t _{produto} /dia	27
Semiquímico branqueado	t _{produto} /dia	19
Semiquímico não-branqueado	t _{produto} /dia	16
Soda	t _{produto} /dia	17
Sulfato branqueado	t _{produto} /dia	42
Sulfato branqueado	t _{produto} /dia	46
Sulfato não-branqueado	t _{produto} /dia	17
Sulfato não-branqueado	t _{produto} /dia	10 a 31
Sulfato não-branqueado	t _{produto} /dia	31
Sulfito branqueado	t _{produto} /dia	180
Sulfito não-branqueado	t _{produto} /dia	45
Indústria da borracha		
Artigos de borracha	operário/dia	0,1
Borracha	t _{produto} /dia	1,9
Borracha recuperada	t _{produto} /dia	0,5 a 0,9
Borracha sintética	operário/dia	17,7
Borracha sintética	t _{produto} /dia	2,6
Látex	t _{produto} /dia	5,3
Pneus	t _{matéria prima} /dia	0,001 a 0,7
Pneus e câmaras	operário/dia	0,05
Indústrias de couros e peles		
Curtumes	operário/dia	8,9
Curtumes	t _{de couro} /dia	89
Curtumes	t _{de pele} /dia	4 a 1.000
Curtumes	t _{de pele} /dia	135
Curtumes - curtimento ao cromo	t _{de pele} /dia	98
Curtumes - curtimento vegetal	t _{de pele} /dia	55
Indústria química		
Acetaldeído	t _{produto} /dia	0,35
Acetato de vinila	t _{produto} /dia	0,35
Acetileno	t _{produto} /dia	1,92
Acetileno	t _{produto} /dia	0,35
Acetona	t _{produto} /dia	0,35
Acetona	t _{produto} /dia	0,26
Ácido acético	t _{produto} /dia	63
Ácido acético	t _{produto} /dia	0,35
Ácido acrílico	t _{produto} /dia	63
Ácido nítrico 61%	t _{produto} /dia	0,78
Ácido nítrico 99%	t _{produto} /dia	0,25
Ácido tereftálico	t _{produto} /dia	63
Acrilatos	t _{produto} /dia	63
Acrilatos	t _{produto} /dia	47
Álcalis e cloro	operário/dia	1,8
Alcatrão de carvão	t _{produto} /dia	63
Amônia	t _{produto} /dia	0,2
Anilina	t _{produto} /dia	63
Aromáticos BTX	t _{produto} /dia	0,11
Balas para munição	100.000 unidades/dia	8 a 72
Benzeno, Tolueno, Xileno	t _{produto} /dia	0,1
Bifenol A	t _{produto} /dia	63
Butadieno	t _{produto} /dia	0,63
Butadieno	t _{produto} /dia	0,35
Caprolactona	t _{produto} /dia	63
Chumbo tetraetila	t _{produto} /dia	63
Cicloexano	t _{produto} /dia	0,11

Atividade principal ou processo de fabricação	Unidade/dia	Fator de emissão (kgDBO ₅ /um)
Cloreto de vinila do craqueamento do dicloreto de etileno	t _{produto} /dia	0,35
Cloreto de vinila por adição do HCl ao acetileno	t _{produto} /dia	0,11
Cola	t _{produto} /dia	54
Cola animal	t _{produto} /dia	580
Corantes	operário/dia	4
Dicloro etileno	t _{produto} /dia	0,35
Dimetil tereftalato	t _{produto} /dia	63
Dióxido de carbono	t _{produto} /dia	0,043
Estireno	t _{produto} /dia	1
Estireno	t _{produto} /dia	0,35
Etil benzeno	t _{produto} /dia	0,13
Etil benzeno	t _{produto} /dia	0,11
Etileno	t _{produto} /dia	0,35
Etileno + propileno	t _{produto} /dia	0,35
Etileno glicol	t _{produto} /dia	0,34
Etileno glicol	t _{produto} /dia	63
Explosivos	operário/dia	3,2
Fenol	t _{produto} /dia	63
Fertilizantes	operário/dia	0,05
Fertilizantes amonizados, superfosfato e H ₂ SO ₄	t _{produto} /dia	0,049
Formaldeído	t _{produto} /dia	0,35
Goma, resinas e produtos químicos da madeira	operário/dia	2,7
Herbicida organoclorado	t _{produto} /dia	22,7
Metanol	t _{produto} /dia	0,49
Metanol	t _{produto} /dia	0,35
Metil aminas	t _{produto} /dia	0,35
Metil metacrilatos	t _{produto} /dia	63
Negro de fumo	operário/dia	0,03
Nitrocelulose	t _{produto} /dia	0,21
Nitroglicerina	t _{produto} /dia	0,87
Óxido de etileno	t _{produto} /dia	0,35
P – Cresol	t _{produto} /dia	123
P 0 Cresol	t _{produto} /dia	63
Pesticidas	operário/dia	3,2
Prod. variada de explosivos com fabric. de intermediários	t _{produto} /dia	11
Prod. variada de explosivos sem fabric. de intermediários	t _{produto} /dia	0,09
Produção de óleos e graxas lubrificantes	operário/dia	0,3
Produtos de alcatrão de carvão	operário/dia	0,5
Produtos de cobertura asfáltica	t _{produto} /dia	8
Produtos oxo químicos	t _{produto} /dia	63
Produtos químicos orgânicos	operário/dia	7,3
Propileno	t _{produto} /dia	0,35
Refinaria de produtos petroquímicos	1.000 m ³ petróleo proc/dia	171,6
Refinarias antigas de destilação primária	1.000 m ³ petróleo proc/dia	190
Refinarias de alto-craqueamento	1.000 m ³ petróleo proc/dia	72,9
Refinarias de baixo-craqueamento	1.000 m ³ petróleo proc/dia	71,5
Refinarias de lubrificantes	1.000 m ³ petróleo proc/dia	217
Refinarias de petróleo	operário/dia	3,6
Refinarias de petróleo	1.000 m ³ petróleo proc/dia	85 a 317
Refinarias integradas	1.000 m ³ petróleo proc/dia	197
Refinarias típicas de destilação primária	1.000 m ³ petróleo proc/dia	3,4
Tintas a base de água	1.000 galões/dia	0,41
Tintas azóicas e componentes	t _{produto} /dia	136
Tintas orgânicas	t _{produto} /dia	136
Tintas, lacas, vernizes	operário/dia	1,08
Produtos farmacêuticos e veterinários		
Aueromicina	t _{produto} /dia	14.280

Atividade principal ou processo de fabricação	Unidade/dia	Fator de emissão (kgDBO ₅ /un)
Eritromicina	t _{produto} /dia	13.800
Estreptomicina	t _{produto} /dia	7.400
Penicilina	t _{produto} /dia	12.800
Produtos farmacêuticos	operário/dia	0,5
Tetraciclina	t _{produto} /dia	5.200
Perfumarias, sabões e velas		
Cosméticos	operário/dia	0,54
Perfumes	operário/dia	0,54
Detergentes	operário/dia	2,3
Detergentes	t _{produto} /dia	0,4
Detergente líquido	t _{produto} /dia	0,2 a 1,8
Detergente líquido	t _{produto} /dia	5,3
Sabonetes, talcos e cremes	t _{produto} /dia	86
Sabão	t _{produto} /dia	54
Sabão fundido (em calo fervente)	t _{produto} /dia	6
Sabão de ácidos graxos	t _{produto} /dia	13,5
Sabão em pó	t _{produto} /dia	3 a 11
Refinação de glicerina	t _{produto} /dia	20
Indústria de plásticos e resinas		
Acetato de celulose	t _{produto} /dia	47
Acrílico	t _{produto} /dia	26
Artigos de plástico	operário/dia	0,2
Celofane	t _{produto} /dia	50
Derivados de celulose	t _{produto} /dia	180
Epóxi	t _{produto} /dia	70
Fibras celulósicas artificiais	operário/dia	0,9
Fibras orgânicas não-celulósicas	operário/dia	6,8
Nitrato de celulose	t _{produto} /dia	83
Plásticos e resinas	operário/dia	0,9
Poliéster	t _{produto} /dia	9
Poliestireno	t _{produto} /dia	0 a 2,2
Poliestireno	t _{produto} /dia	0 a 0,75
Polipropileno	t _{produto} /dia	5
Polivinil cloreto	t _{produto} /dia	15
PVC	t _{produto} /dia	1,2
PVC	t _{produto} /dia	10
Rayon	t _{produto} /dia	68,4
Rayon	t _{produto} /dia	32
Resinas acrílicas (polímero emulsionado)	t _{produto} /dia	1,5
Resinas fenólicas	t _{produto} /dia	33
Resinas fenólicas	t _{produto} /dia	47,3
Indústria têxtil		
Acetato	t _{produto} /dia	45
Acrílico	t _{produto} /dia	125
Algodão	t _{produto} /dia	155
Algodão acabado com tingimento	t _{produto} /dia	35 a 325
Algodão com acabamento	operário/dia	10,4
Algodão sem acabamento	operário/dia	1,8
Algodão sem tingimento	t _{produto} /dia	44,5
Alvejamento de algodão	t _{materia prima} /dia	7,2
Cozimento de seda	t _{produto} /dia	46
Desengomagem de algodão	t _{materia prima} /dia	11,3
Engomagem do fio + despejo da tecelagem de algodão	t _{materia prima} /dia	1,9
Estamparia de tecidos	operário/dia	2,16
Lã acabada	t _{materia prima} /dia	720
Lã acabada com tingimento	t _{produto} /dia	235 a 711
Lã com acabamento	operário/dia	1,4
Lã com limpeza (branqueamento)	t _{produto} /dia	314
Lã sem limpeza	t _{produto} /dia	87

Atividade principal ou processo de fabricação	Unidade/dia	Fator de emissão (kgDBO ₅ /un)
Limpeza de algodão	t _{matéria prima} /dia	1,6
Maceração de algodão	t _{matéria prima} /dia	6,9
Mercerização de algodão	t _{matéria prima} /dia	8,3
Nylon	t _{produto} /dia	45
Poliéster	t _{produto} /dia	185
Rayon	t _{produto} /dia	30
Sintéticos acabados com tingimento	t _{produto} /dia	3 a 80
Tecidos sintéticos com acabamento	operário/dia	3,2
Tecidos sintéticos sem acabamento	operário/dia	0,5
Tingimento à cuba	t _{produto} /dia	17,95
Tingimento básico	t _{produto} /dia	31,1
Tingimento de algodão	t _{produto} /dia	0,5 a 294
Tingimento de anilina preta	t _{produto} /dia	6,75
Tingimento de lã	t _{produto} /dia	9 a 49
Tingimento de tecidos sintéticos	t _{produto} /dia	0,7 a 800
Tingimento desenvolvimento a cor	t _{produto} /dia	14,95
Tingimento direto	t _{produto} /dia	6,25
Tingimento enxofre	t _{produto} /dia	133,25
Tingimento índigo	t _{produto} /dia	4,95
Tingimento naftol	t _{produto} /dia	7,05
Viscose (seda artificial)	t _{produto} /dia	27
Tinturarias	operário/dia	4,32
Indústria de produtos alimentares		
Abatedouro de aves com aproveitamento de sangue, vísceras e penas	1.000 aves/dia	10,8
Abatedouros	operário/dia	1,4
Abatedouros com recuperação de sangue e vísceras	t _{viva abatida} /dia	6,4
Abatedouros de aves	1.000 aves/dia	11,9
Abatedouros de aves	1.000 aves/dia	8 a 20
Abatedouros de aves	1.000 aves/dia	14
Abatedouros de aves	1.000 aves/dia	9,9
Abatedouros de aves	t _{carcaça} /dia	5,85
Abatedouros de bovinos e suínos	t _{viva abatida} /dia	1,9 a 27,6
Abatedouros de bovinos	t _{viva abatida} /dia	29
Abatedouros de bovinos	cabeça (bovino)/dia	1,32
Abatedouros de suínos	t _{viva abatida} /dia	30
Abatedouros de suínos	cabeça (suíno)/dia	0,13
Abatedouros sem recuperação de sangue	t _{viva abatida} /dia	11
Abatedouros sem recuperação de vísceras	t _{viva abatida} /dia	14,7
Água condensada das colunas barométricas	t _{cana} /dia	1,5
Água condensada de evaporadores	t _{cana} /dia	0,4
Amido de mandioca	t _{farinha} /dia	13,5
Amido de milho	t _{milho} /dia	31,45
Amido de trigo	t _{trigo} /dia	48,6
Café solúvel	t _{produto} /dia	156
Café solúvel	t _{produto} /dia	75 a 7.518
Conservas	operário/dia	10,9
Conservas de abacaxi	t _{produto} /dia	10
Conservas de aipos	t _{produto} /dia	4,8
Conservas de aspargos	t _{produto} /dia	5
Conservas de batata	t _{produto} /dia	40
Conservas de beterraba	t _{produto} /dia	43
Conservas de cenoura	t _{produto} /dia	20
Conservas de cereja	t _{produto} /dia	10
Conservas de cogumelos	t _{produto} /dia	13
Conservas de damasco	t _{produto} /dia	20
Conservas de ervilha	t _{produto} /dia	25
Conservas de espinafre	t _{produto} /dia	14
Conservas de frutas cítricas	t _{produto} /dia	2
Conservas de maçã	t _{produto} /dia	13

Atividade principal ou processo de fabricação	Unidade/dia	Fator de emissão (kgDBO₅/un)
Conservas de milho	t _{produto} /dia	12
Conservas de peixe	t _{produto} /dia	7,9
Conservas de peixe	operário/dia	7,7
Conservas de pepino	t _{produto} /dia	27
Conservas de pêras	t _{produto} /dia	23
Conservas de pêssego	t _{produto} /dia	18
Conservas de rabanetes	t _{produto} /dia	12,6
Conservas de suco de frutas cítricas	t _{produto} /dia	0,3 a 80
Conservas de tomates	t _{produto} /dia	6
Conservas em geral	caixas de latas/dia	0,05 a 1,7
Conservas de feijão	caixas de latas/dia	0,02 a 0,1
Conservas de frutas e vegetais	t _{produto} /dia	12,5
Creme de leite	t _{leite processado} /dia	11,7
Destilaria de álcool de cana	t _{cana} /dia	3,3
Destilaria de álcool de cereal	m ³ _{álcool} /dia	94,5
Destilarias de álcool	t _{produto} /dia	220
Estação de resfriamento de leite	t _{leite processado} /dia	1,1
Extração de óleo de oliva	t _{produto} /dia	7,5
Extração de óleo de soja bruto	t _{soja grão} /dia	10
Extração de óleo de soja bruto	t _{óleo produzido} /dia	0,4
Extração de óleo de soja refinado	t _{soja grão} /dia	5
Extração de óleo de soja refinado	t _{óleo produzido} /dia	18,7
Extração refino e preparação de óleos vegetais	t _{soja e linhaça} /dia	2,04
Fabricação de açúcar de beterraba	t _{produto} /dia	20
Fabricação de álcool	m ³ _{álcool} /dia	54
Fabricação de chocolates	operário/dia	0,12
Fabricação de chocolates e doces diversos	t _{produto} /dia	7,12
Fabricação de doces e compotas	t _{produto} /dia	0,16
Fabricação de gorduras alimentícias	t _{produto} /dia	27
Fabricação de massas alimentícias	t _{produto} /dia	1,13
Fabricação de massas e biscoitos	t _{produto} /dia	0,68
Farinha de mandioca	t _{produto} /dia	0,17
Fecularia de mandioca	t _{mandioca} /dia	10,8
Fecularia de mandioca	t _{farinha} /dia	32,4
Fecularia de milho	t _{matéria prima} /dia	48,6
Frigoríficos	t _{viva abatida} /dia	6,3
Frigoríficos	t _{viva abatida} /dia	8,1 a 21,5
Frigoríficos com salsicharia	t _{viva abatida} /dia	9,4
Frigoríficos com salsicharia	cabeça (bovino)/dia	3,75
Frigoríficos com salsicharia	cabeça (suíno)/dia	0,95
Frigoríficos sem salsicharia	t _{viva abatida} /dia	6,3
Frigoríficos sem salsicharia	cabeça (bovino)/dia	2,5
Frigoríficos sem salsicharia	cabeça (suíno)/dia	0,65
Frutas e vegetais congelados	operário/dia	6,4
Laticínios	t _{de leite} /dia	5,3
Laticínios	m ³ _{de leite} /dia	3,83
Laticínios com queijaria	m ³ _{de leite} /dia	19,2
Laticínios com queijaria	t _{de leite} /dia	9,5
Laticínios com queijaria	kg _{de queijo} /dia	0,2
Laticínios sem queijaria	m ³ _{de leite} /dia	3
Laticínios sem queijaria	m ³ _{de leite} /dia	675
Lavagem da cana	t _{cana} /dia	2
Leite	operário/dia	8,6
Leite comercial e manteiga	t _{leite processado} /dia	1,09
Leite condensado	t _{leite processado} /dia	2,8
Leite condensado	t _{leite processado} /dia	0,2 a 13,3
Leite em pó	t _{leite processado} /dia	4,1
Leite em pó	t _{leite processado} /dia	0,02 a 12,3
Leite fresco (processamento)	t _{leite processado} /dia	11
Leite pasteurizado	t _{leite processado} /dia	0,02 a 22

Atividade principal ou processo de fabricação	Unidade/dia	fator de emissão (kgDBO₅/un)
Leite refrigerado	t _{leite processado} /dia	0,02 a 4,8
Manteiga	t _{leite processado} /dia	0,3 a 2,1
Moagem de trigo e fabricação de rações	t _{trigo} /dia	0,49
Moagem seca de milho	t _{matéria prima} /dia	1,38
Moagem úmida de milho	operário/dia	6,4
Moagem úmida de milho incluindo refinaria de óleo	t _{matéria prima} /dia	7,3
Moinho de grãos	t _{produto} /dia	1,1
Óleo de milho	t _{matéria prima} /dia	2 a 12,5
Óleos comestíveis em geral	t _{produto} /dia	0,01 a 13
Produtos fermentados (levedos)	t _{produto} /dia	1125
Queijo	t _{de leite} /dia	0,2 a 4,1
Refinação de óleos vegetais	t _{produto} /dia	12,9
Refinarias de açúcar	operário/dia	2,7
Requeijão	t _{de leite requeijão} /dia	1,3 a 71,2
Restilo	t _{cana} /dia	1,8
Salsicharia	t _{produto} /dia	5,2
Sorvete	t _{leite processado} /dia	0,04 a 21,4
Suco de frutas cítricas	t _{produto} /dia	2,75
Suco de frutas cítricas + óleo	t _{produto} /dia	3,55
Suco de frutas cítricas + óleo + produto de casca	t _{produto} /dia	6,14
Torrefação de café	operário/dia	0,08
Usina de açúcar com destilaria de álcool	t _{cana} /dia	5,7
Usina de açúcar de cana	t _{produto} /dia	2,6
Usinas de açúcar	operário/dia	26,3
Usinas de açúcar e álcool	t _{cana} /dia	13
Usinas de açúcar e álcool	t _{açúcar} /dia	200
Usinas de açúcar e álcool	m ³ _{álcool} /dia	650
Indústria de bebidas		
Cervejaria	m ³ _{cerveja} /dia	62,1
Fabricação da cerveja (total)	m ³ _{cerveja} /dia	8,6
Fabricação de malte	t _{matéria prima (cevada)} /dia	1,68
Fabricação de malte e licores de malte	m ³ _{cerveja} /dia	1,1
Fabricação de refrigerantes	t _{produto} /dia	2,5
Fabricação de refrigerantes	m ³ _{produto} /dia	2,5 a 121
Fabricação de vinhos	m ³ _{vinho} /dia	0,26
Fermentação da cerveja	m ³ _{cerveja} /dia	7,5
Licores de malte	operário/dia	15,9
Licores destilados	operário/dia	0,2
Indústrias de editorial e gráfica		
Gráficas	t _{matéria prima (papel)} /dia	1,46
Agricultura e criação animal		
Excrementos de bovinos	cabeça/dia	0,89
Excrementos de cavalo	cabeça/dia	0,61
Excrementos de galinha	cabeça/dia	0,0075
Excrementos de ovelha	cabeça/dia	0,13
Excrementos de porco	cabeça/dia	0,17
Silo para rações	t _{ração} /dia	0,22 a 0,65
Serviços de transporte		
Lavagem e lubrificação de veículos (postos de gasolina)	veículo/dia	1,01
Serviços pessoais		
Lavanderias	t _{roupa} /dia	59
Lavanderias	t _{roupa} /dia	42,2

Fonte: SALVADOR, 1991 (tabela reordenada).

Sobre a propriedade e permissão de uso do programa

Este programa é de propriedade dos convênios firmados entre o Governo Federal e o Governo do Estado de São Paulo, por intermédio do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA-SP e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB: *Subsídios para a recuperação e uso energético de biogás gerado em estações de tratamento anaeróbio de efluentes – ETAE e Subsídios para a recuperação e uso energético de biogás gerado em locais de disposição de resíduos sólidos – LDRS.*

Desenvolvido no Brasil, com recursos do Governo Federal e do Governo do Estado de São Paulo, tem como objetivo fomentar o uso do biogás no Brasil, facilitando a avaliação do uso energético do combustível emitido pelo aterro sanitário. Seu uso, reprodução e distribuição são livres, desde que sejam citadas as instituições realizadoras e financiadoras.

O programa foi feito em Visual Basic[®]. Todos os programas necessários para o seu correto funcionamento estão incluídos na sua instalação, sendo desnecessário qualquer outro aplicativo. A sua melhor visualização foi planejada para computadores com a configuração 800x600pixels.

Seu código fonte é de livre acesso e pode ser encontrado sob a guarda da CETESB.

Os resultados gerados pelo programa são as primeiras e menos onerosas informações que permitirão ao interessado dar início ao extenso processo de obtenção dos benefícios energéticos e financeiros pela recuperação e uso energético do biogás.

É proibida a venda ou exploração comercial deste material ou das informações geradas por ele ou com o seu auxílio.

Nota do programador

Este programa reúne e materializa experiências, de um lado, de avaliação de potencial de aproveitamento energético do biogás gerado pela degradação anaeróbia de efluentes domésticos, comerciais, industriais ou rurais em estações de tratamento anaeróbio de efluentes e, de outro, de programação em Visual Basic (VB) e vários outros aplicativos que, aos poucos, foram identificados e empregados para dar forma à idéia original deste trabalho.

Durante a sua criação, procurou-se exaustivamente o aperfeiçoamento das idéias que o compõem, eliminação de potenciais erros, falhas de lógica etc. Durante esse processo, notou-se que a tarefa simplesmente não teria fim. Com isso recomenda-se aos usuários tolerância diante de eventuais falhas ainda não resolvidas. Acredita-se na evolução desta idéia e na breve edição da versão 2.0.

Foram feitos pela CETESB, dois programas de computador de nome “Biogás, geração e uso energético”. São dois volumes: “aterros” e “efluentes / resíduo rural”, cada qual, como o próprio volume indica, voltado para uma diferente aplicação.

Neste estágio do trabalho os programadores encerram a sua participação, oferecendo o programa à sociedade para que acrescente outras contribuições, fazendo com que traga efetivos subsídios para o entendimento e realização de projetos de recuperação e uso energético de biogás.

O “código fonte” e os blocos lógicos que compõem o programa permitem o seu aperfeiçoamento e a sua adaptação para outras aplicações em energia.

A instituição ou programador que tiver interesse em alterar este programa deve, antes de tudo, empregar programas licenciados, ter bons conhecimentos, como seus realizadores, de programação em VB ou similar, saneamento e energia em geral.

No processo criativo, seus idealizadores iniciaram a edição de um único programa que faria as duas estimativas. Com o seu desenvolvimento, optou-se pela separação dos assuntos e pela edição de programas distintos. O programa original foi reduzido para ser aplicado apenas em aterros. Após a conclusão desse volume, o programa foi convertido, com o mínimo de modificações, neste volume “efluentes / resíduo rural”.

Agradecimentos

A coordenação dos convênios agradece, na pessoa do Sr. José Domingos Gonzalez Miguez, ao Governo Federal, ao Ministério da Ciência e Tecnologia e à equipe da Coordenação Geral de Mudança Global do Clima pelo fundamental apoio para a realização deste projeto.

Ao secretário executivo do Fórum Paulista de Mudanças Climáticas e Biodiversidade, Sr. Fábio Feldmann, pelo empenho pessoal na formalização deste convênio.

Aos pesquisadores e alunos da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP, na pessoa do Sr. Pedro Magalhães Sobrinho, e pesquisadores e alunos do Programa Interunidades de Pós-Graduação do Instituto de Eletrotécnica e Energia – USP, na pessoa do Sr. Ildo Sauer, pelo incentivo à criação e realização deste projeto.

Na pessoa do Sr. João Gabriel Bruno, à Chefia de Gabinete, Assessoria de Controle, Assessoria de Projetos Especiais e aos funcionários do Departamento Administrativo, Divisão de Finanças, Divisão de Material e Patrimônio da Secretaria do Meio Ambiente, pelo empenho e dedicação na administração dos convênios firmados entre Governo Federal e o Governo do Estado de São Paulo para elaboração dos manuais de recuperação de biogás.

Na pessoa do Sr. José Osvaldo Cidin Valio, à Chefia de Gabinete e ao Departamento de Apoio Técnico da CETESB, pelo apoio irrestrito para a publicação deste manual.

Na pessoa do Sr. João Fusaro, diretor de Controle de Poluição Ambiental da CETESB, às suas Agências Ambientais pelo apoio logístico e técnico em campo no Estado de São Paulo.

À Assessora Editorial da SMA, Sra. Vera Maria Aranha Severo, pela criação do logotipo e pelas boas sugestões e orientações para a conclusão deste manual e ao jornalista Newton Mizuho Miura, do Setor de Imprensa da CETESB, pela solicitude e pelas sugestões que tornaram este texto menos árido.

Ao Secretário Chefe da Casa Civil do Governo do Estado de São Paulo, ex-presidente da CETESB, Dr Antônio Rubens Costa de Lara, pelo apoio incondicional para o desenvolvimento dos Convênios, quando Presidente da CETESB.

Ao grande número de técnicos, administradores e pesquisadores do Brasil e de outros países que, com seus trabalhos, contribuíram para a idealização e realização deste projeto, para o aumento da compreensão das questões relativas à estimativa de geração de biogás e das alternativas para o seu uso energético.

Finalmente, ao Sr. Antônio Carlos de Oliveira – Tonhão (*in memoriam*) que deu vida a estes convênios e inspiração aos seus executores.

Coordenação geral
Suani Teixeira Coelho

Coordenação técnica
João Wagner Silva Alves

Programador
Francisco do Espírito Santo Filho

Equipe técnica
Aline Vieira Araújo Barrense
Ana Carla Rodero Barbosa
André Del Monte Brandão
Célia Matiko Kato
Cláudia Brighenti
Dione Zangelmi Abraão Pradella
Eduardo Penteado Cardoso Filho
Filipina de Souza Soares Zanetti
Francisco do Espírito Santo Filho
João Wagner Silva Alves
Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer
Marcos Eduardo Gomes Cunha
Oswaldo dos Santos Lucon
Pedro Magalhães Sobrinho
Sonia Maria Manso Vieira
Walter Batista Júnior

Estagiários
Danilo Coelho Carvalho da Cruz
Eliane Aparecida Milani de Queiroz da Cruz
Flávio Amaral Yamamoto
Janaina Mara de Oliveira Lima
José Carlos de Moura Foryan
Luiz Fernando Stefani
Mariana Pedrosa Gonzalez
Mirella Sodré Ribeiro
Rafaela Di Fonzo Oliveira
Roberta Maibashi Rossim

Colaboração
Abner Vieira dos Santos/SMA; Ana Lucia Segamarchi/SMA; Auro Oliveira Sales/SMA; Beatriz Maria de Jesus Garcia/SMA; Carlos Cequeira Paiva/CETESB; Christobal Benjamin H. Kronca/SMA; Cláudia Maria Sanches Campanelli/SMA; Fábio Ferreira Ferling/CETESB; Denise Soletto/SMA; Eliana Aparecida Silva/SMA; Elvislane Santos Nepomuceno/SMA; Fábio Feldmann/FPMC&B; Haroldo de Oliveira Machado Filho/MCT; Ivonete Alves/SMA; Jaelson Ferreira Neris/SMA; Jerônima de Souza Damasceno/MCT; João Gabriel Bruno/SMA; João Luis Tedechi/MME; José Osvaldo Cidin Valio/CETESB; José Eduardo Gasperini/SMA; Luciana Morini/SMA; Ludmilla Auad/SMA; Mara Lorena Maia Fares/MCT; Marcela Pignanelli Pereira/SMA; Marcos Florêncio dos Santos/SMA; Marcos Willian Bezerra de Freitas/MCT; Margarette Dorsa Escobar Sabella/SMA; Maria Celeste Rigueiro Leme/CETESB; Maria da Glória Figueiredo/CETESB; Maria Inês Zanolli Sato/CETESB; Maria Nelsi Vieira/SMA; Paulo Slobodticov/CETESB, Neusa Maria Maciel/CETESB; Neusa Maria Turci/SMA; Newton Mizuho Miura/CETESB; Newton Paciornik/MCT; Renato Alonso Carneiro/ CETESB; Sergio Oliveira dos Santos/SMA; Silvia Helena Nogueira Nascimento/SMA; Vera Maria Severo/SMA; Waldemir Herrera/SMA.

Logotipo do programa de computador
Vera Maria Severo

Coordenação editorial e gráfica
Josilene Vannuzini Ticianelli Ferrer

Fotolitos impressão e acabamento
Gráfica da CETESB

A realização deste manual contou com o apoio financeiro do “Programa Mudanças Climáticas Globais” “Brasil de Todos” do Governo Federal.

Exemplares desta publicação podem ser obtidos no:

Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT

Coordenação Geral de Mudança Global do Clima

Esplanada dos Ministérios, Bloco E, sala 224

Cep 70067-900, Brasília - DF, Brasil

Tel: 61 3317-7923

Fax: 61 3317-7657

e-mail: cpmg@mct.gov.br

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB

Divisão de Questões Globais

Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345, Pinheiros, São Paulo, SP

CEP 05459-900, Prédio I, 9º andar, sala 905

e-mail: biogas@cetesbnet.sp.gov.br

<http://www.cetesb.sp.gov.br>

<http://www.ambiente.sp.gov.br>

Apoio:
Ministério da
Ciência e Tecnologia



Realização:



Secretaria do
Meio Ambiente

