

Produção mais limpa nas fontes geradoras de poluição da indústria de açúcar e álcool.

Alessandra Silva da Rosa

Engenheira ambiental com especialização em Química ambiental pelas faculdades Oswaldo Cruz.

Camila Pereira Savi Martins

Engenheira ambiental formada pelas Faculdades Oswaldo Cruz. Atua no Depto de geotecnia e Meio Ambiente da Planservi Engenharia.

Resumo

Uma das mais antigas culturas da humanidade, a cana-de-açúcar está presente na economia brasileira desde o começo da colonização. Hoje em pleno século XXI podemos constatar sua grande importância para o crescimento econômico. No entanto, é grande o volume de resíduos gerados e o uso de Recursos Naturais (principalmente de água) utilizados nos processos de uma usina de cana-de-açúcar. O presente trabalho tem como princípio básico sugerir medidas de produção mais limpa na indústria sucroalcooleira, para isso avaliaremos os processos nas usinas, bem como os problemas ambientais ocasionados pelos resíduos produzidos, e por fim daremos uma alternativa de como economizar água no processo industrial e sua viabilidade.

Palavras-chave: Produção mais limpa, setor sucroalcooleiro, cana-de-açúcar, indústria de açúcar e álcool.

Abstract

One of the oldest cultures of humanity, the sugar cane culture is present in the Brazilian economy since the beginning of its colonization. Today in the twentieth first century is noticeable its great importance to the economical growth. However, it is great the quantity of residues created, and the use of natural resources (mainly water) used at the process in a sugar cane factory. The present work has as principle to apply cleaner production means, which are possible, at the sugar cane industry for we shall evaluate the processes at the factories, as well as the environment problems caused by the residues possibly produced, and at last, we shall give an alternative means to save water at industrial processes and its viability.

Key-words: Cleaner production. The sugar cane industry. Sugar cane. Alcohol and sugar industry.

Introdução

A cana-de-açúcar é uma planta que pertence ao gênero *Saccharum* L., da família Poaceae, representada pelo milho, sorgo, arroz e muitas outras. As principais características dessa família são a forma da inflorescência (espiga), o crescimento do caule em colmos, e as folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainha aberta. É uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo tropical, gerando centenas de milhares de empregos diretos, sendo ela importante fonte de renda e desenvolvimento. O interior paulista, principal produtor mundial de cana-de-açúcar.

A principal característica da indústria canavieira é a expansão através do latifúndio, resultado da alta concentração de terras nas mãos de poucos proprietários, normalmente conseguida através da incorporação de pequenas propriedades, gerando por sua vez êxodo rural. Geralmente, as plantações ocupam vastas áreas contíguas, isolando e/ou suprimindo as poucas reservas de matas restantes, estando muitas vezes ligadas ao desmatamento de nascentes ou sobre áreas de mananciais. Os problemas com as queimadas praticadas anteriormente ao corte para a retirada das folhas secas são uma constante nas reclamações de problemas respiratórios

nas cidades circundadas por essa monocultura. Ademais, o retorno social da agroindústria como um todo, é mais pernicioso que benéfico para a maioria da população.

No Brasil, a agroindústria da cana-de-açúcar tem adotado políticas de preservação ambiental que são exemplos mundiais na agricultura, embora nessas políticas não estejam contemplados os problemas decorrentes da expansão acelerada sobre vastas regiões e o prejuízo decorrente da substituição da agricultura variada de pequenas propriedades pela monocultura. Já existem diversas usinas brasileiras que comercializam crédito de carbono, dada a eficiência ambiental.

Este trabalho tem como objetivo avaliar os processos industriais de uma usina de álcool e açúcar, assim como os impactos ambientais ocasionados pelos resíduos produzidos nesses processos, de forma a identificar medidas de Produção mais Limpa.

Processo industrial

O processo de fabricação de açúcar e álcool visa, sinteticamente, à extração do caldo contido na cana, seu preparo e concentração, chegando aos vários tipos de açúcares conhecidos, como: demerara, mascavo, cristal, refinado, líquido, VHP, etc. O mesmo caldo, preparado de forma específica, resulta, através da fermentação microbiológica, com posterior destilação, no álcool etílico, fornecido nas opções: anidro ou hidratado. Dentro desse processo de fabricação, podemos classificar uma usina de açúcar como uma indústria de extração, uma vez que o açúcar já é produzido pela natureza, através da cana, sendo ele somente concentrado no processo, nas suas várias modalidades. Já a indústria do álcool, pelo processo que passa, é classificada como uma indústria de transformação, cabendo esse papel à fermentação biológica alcoólica (Figura 1).

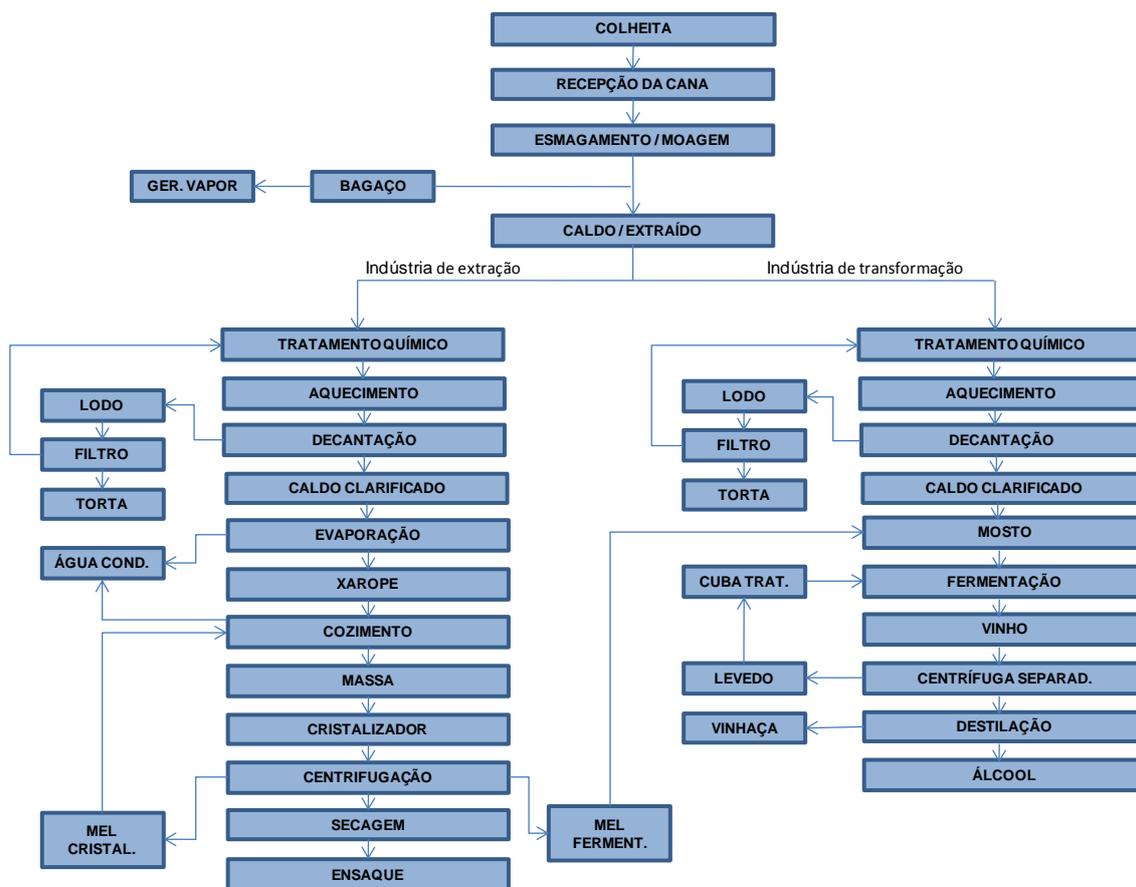


Figura 1. Fluxograma da produção de açúcar e álcool

A quantidade de cana pesada e o ART1 (Açúcar Redutor Total fornece a quantidade de açúcar total: sacarose, frutose e glicose existentes na cana, em porcentagem) medido são as variáveis que fornecem a quantidade de açúcar que entrou na usina. Até a descarga, incidem como perda indeterminada aquelas derivadas da queda de cana e pisoteio por caminhões e máquinas que operam no pátio de descarregamento, esmagamento em garras e cabos dos equipamentos de descarga e perda por decomposição da sacarose devido ao tempo de espera. A perda significativa e conhecida nessa fase é aquela que ocorre no processo de limpeza da cana, processo este necessário quando a quantidade de impurezas minerais carregadas junto com a cana atinge valor prejudicial ao processo de fabricação. A Figura 2 ilustra o fluxo de massa de energia que cruza o volume de controle, qualitativamente.

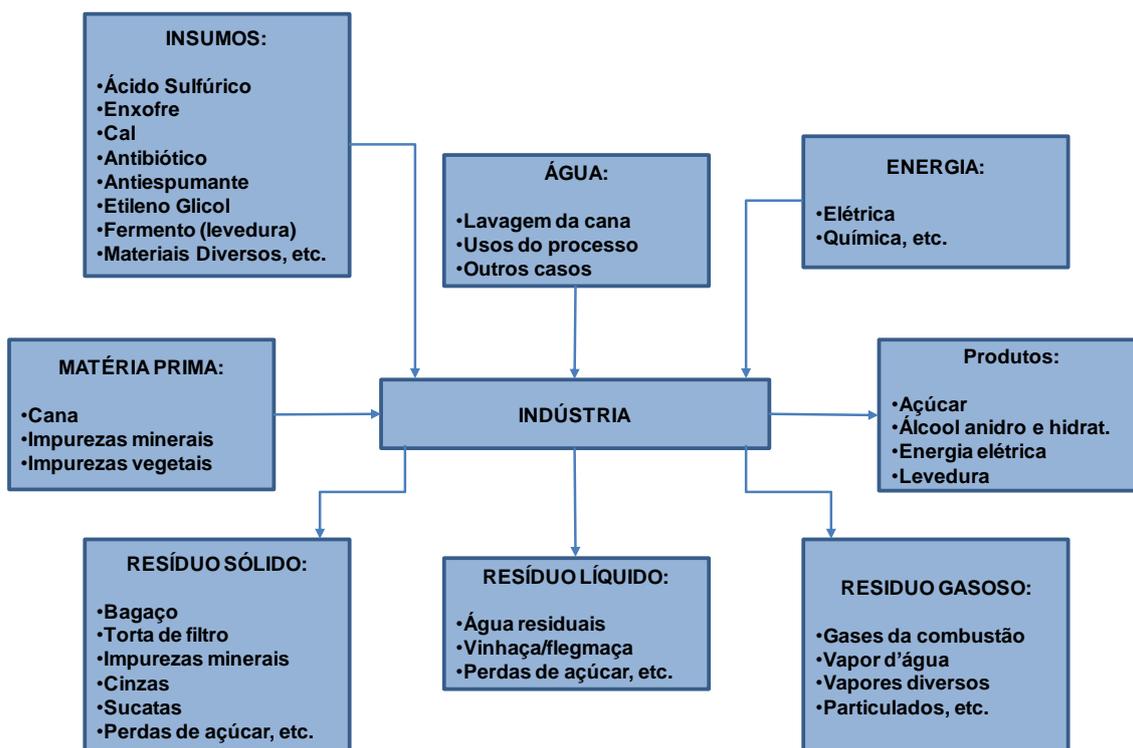


Figura 2. Fluxo de massa e energia de processo industrial. (Fonte: Minerva, 2004)

Um volume de controle na fase de recepção de cana é esquematizado na figura 3. Note que a massa de cana está pulverizada nos componentes que a compõe, sendo a massa de sólidos insolúveis representando os demais.

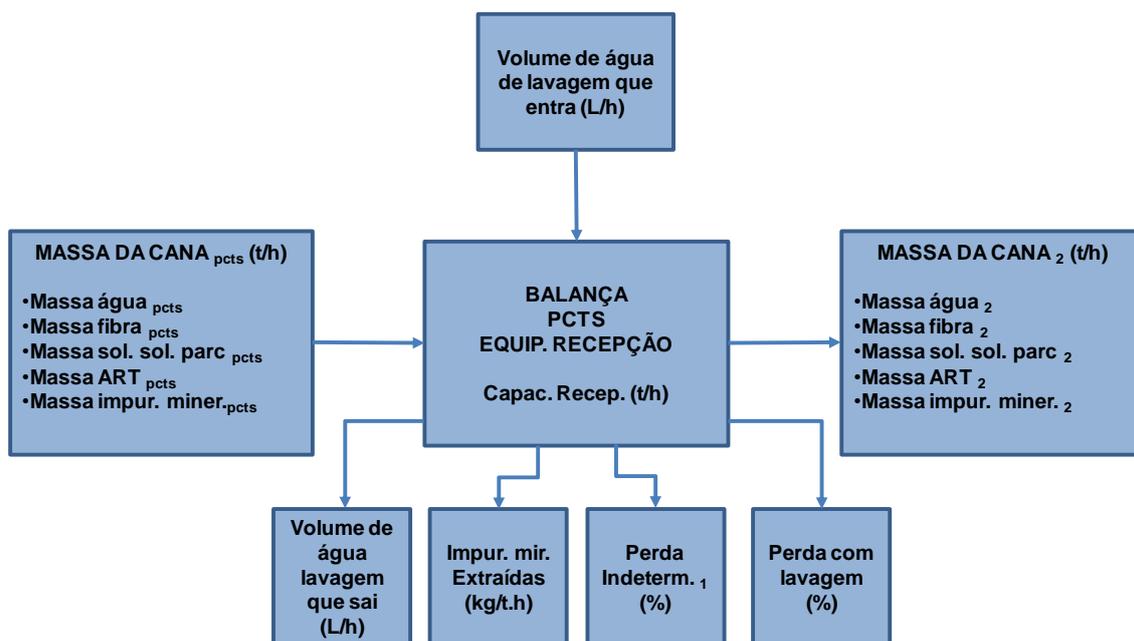


Figura 3. Balanço de ART na fase de recepção de cana.

Na extração é importante destacar a embebição e a diferença entre os tipos de caldos extraídos pela moenda (espargimento de água sobre a cana moída). Para isso observe a figura 4. O caldo primário, como pode ser visualizado pela figura, é aquele extraído do primeiro terno isoladamente e o secundário, aquele extraído do segundo, sendo acumulado a ele o caldo dos demais ternos, mais a embebição. O caldo misto, por sua vez, é a mistura dos dois.

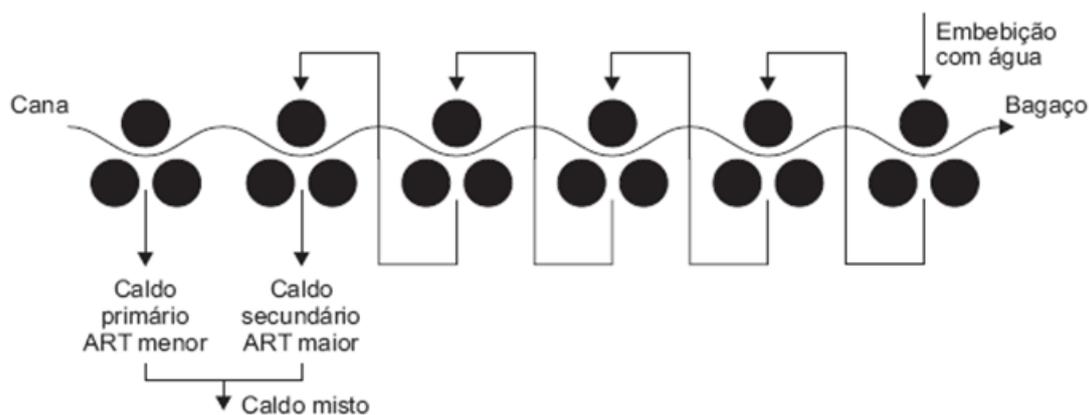


Figura 4. Esquema de extração de caldo de moenda de seis ternos. (Fonte: Minerva, 2004)

Nesta fase ocorre a perda na extração, propriamente dita, que é resultante da incapacidade da moenda em extrair o total de açúcar da cana, e a perda indeterminada, resultante de decomposição da sacarose, atividade

microbiológica e vazamentos em geral. O volume de controle esquematizado na figura 5 mostra o equilíbrio de massa.

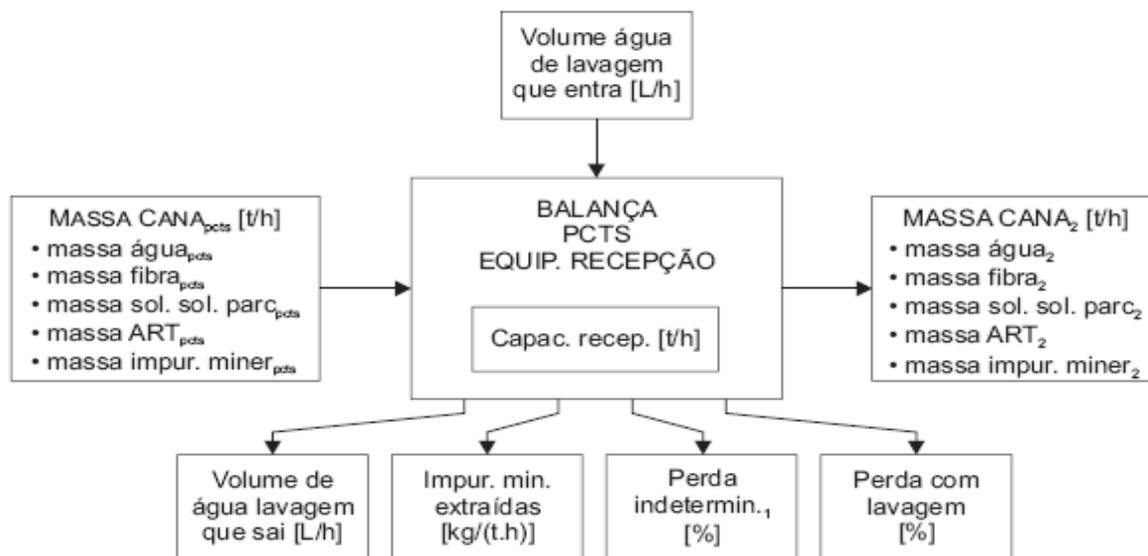


Figura 5. Balanço de ART na fase de extração. (Fonte: Minerva, 2004)

A clarificação visa à obtenção de um caldo livre de impurezas. Para esse objetivo estão envolvidas as etapas de peneiramento, tratamento químico, aquecimento, decantação e filtragem do caldo, conforme pode ser visualizado pela Figura 6. Para a clarificação é adicionada cal, na forma de leite de cal, e, portanto, um volume determinado de água se junta ao processo.

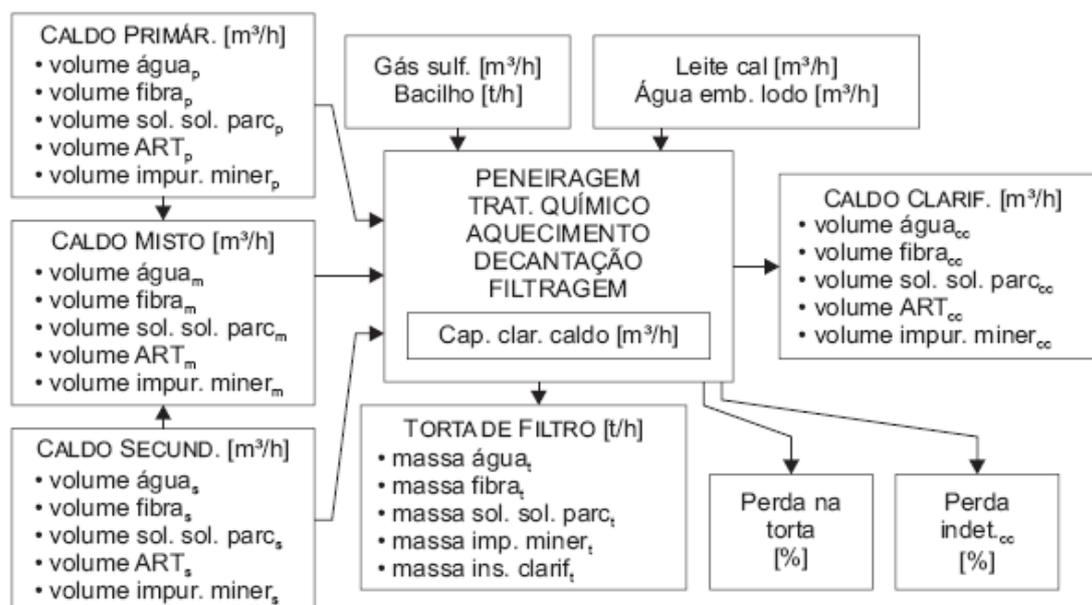


Figura 6. Balanço de ART na fase de clarificação do caldo.

A maioria das usinas não possui um método para medir a sua vazão, sendo adicionada água à cal, de maneira empírica, até obter suspensão visualmente estabilizada. Porém, a quantidade de cal utilizada é precisamente conhecida, podendo ser atrelada à quantidade de cana moída ou à quantidade de açúcar produzido. De acordo com Cesar & Delgado (1977), a massa de água para completar a reação química para “extinção” e obtenção de uma suspensão grosseira de cal é da ordem de 3,5 vezes a massa de cal. Portanto, a massa de cal é um dado de entrada do simulador.

O mesmo acontece com o volume do fluxo de água existente na torta de filtro. A torta de filtro é um subproduto do processo, fruto da filtração do lodo decantado durante a clarificação do caldo. Essa água, por conter açúcar, deve ser retirada da torta de filtro e retornar ao processo. Ela é determinada em função de outras duas variáveis: fluxo de massa da torta, que normalmente é medida em tonelada/ hora, e umidade da torta, que é medida por amostragem.

Essas duas variáveis também fazem parte dos dados de entrada do simulador. Outra variável que adiciona volume ao caldo é a água de embebição do lodo (impurezas retiradas pelos equipamentos de decantação) como agente facilitador de filtração. Ela normalmente é conhecida ou estimada e entra na simulação como um dado primário.

As perdas de açúcar envolvidas, aqui, estão relacionadas ao arraste pela torta de filtro e pela perda indeterminada que tem origem nas mesmas causas da evaporação.

O caldo primário é mais rico em ART que o secundário, ou misto, sendo, assim, mais apropriado para a fabricação do açúcar, uma vez que, para sua fabricação, é necessário promover a concentração (elevar o Brix) desse ART ao longo das fases seguintes, porém, nem sempre ele é direcionado exclusivamente para esse fim. Assim, para determinação do balanço de ART é necessário definir qual tipo de caldo será utilizado na fabricação do açúcar ou do álcool.

Outra definição estratégica a ser tomada é a prioridade de fabricação – álcool ou açúcar – quando a quantidade de caldo não for suficiente para lotar ambos os processos, ou mesmo um deles isoladamente. Porém, variação na qualidade ou no fornecimento da matéria prima e problemas operacionais alteram esse equilíbrio. Nestes cenários as estratégias ficam assim classificadas:

A – Prioridade 1: Fabricação de açúcar (destinar o caldo prioritariamente para o processo de fabricação de açúcar e o restante, se houver, para o processo do álcool) Neste caso há duas opções de escolha de caldo para ser utilizado no processo de açúcar: primário e misto. Apesar de ser uma opção,

a escolha de caldo secundário para a fabricação de açúcar não é comumente utilizada e não será considerada.

A.1 – Opção 1: Caldo primário para a fabricação do açúcar Se o caldo escolhido for o primário é necessário tornar consistente a quantidade de caldo primário extraído e a capacidade dos equipamentos de fabricação de açúcar à frente da moenda. Entretanto, os equipamentos de fases diferentes operam com produtos de concentração e volume diferentes que devem ser ajustados, relativamente, ao volume e à concentração do caldo da fase de clarificação. Essa operação é chamada de capacidade ajustada, e a consistência deve ser feita para a menor capacidade máxima de processamento ajustada, denominada ca e dada em m^3/h . Ela fornece dois cenários.

Na fase de evaporação do caldo observa-se perda indeterminada associada, principalmente, à decomposição da sacarose devido a temperaturas elevadas. As perdas que podem ser quantificadas estão ligadas ao multi-jato, que é um equipamento utilizado para promover a formação de autovácuo nos evaporadores, formação esta necessária para realizar a evaporação em temperaturas mais baixas. Esses equipamentos utilizam injeção de água para formação do autovácuo, e ela acaba por arrastar alguma quantidade de açúcar nesse processo.

O caldo, nesta fase, sofre a maior variação de massa de todo o processo industrial. Ele parte da condição de clarificado para a condição de xarope, nome usado para o caldo concentrado na saída da evaporação, como pode ser visualizado na figura 7.



Figura 7. Balanço de ART na fase de evaporação. (Fonte: Minerva, 2004)

Nos processos de cozimento, cristalização, centrifugação e secagem a perda de açúcar envolvida é semelhante àquelas que ocorrem na evaporação, ou seja, perdas indeterminadas por decomposição da sacarose devido a temperaturas elevadas e as perdas por arraste no multi-jato (equipamento semelhante e com a mesma finalidade do multi-jato da evaporação), que, por outro lado, podem ser quantificadas.

Nesta fase, porém, outra perda significativa e que normalmente é incluída nas indeterminadas, devido à sua difícil obtenção, é a perda que ocorre na operação de secagem.

O açúcar sai do processo com certa umidade e, antes da armazenagem, é necessária a secagem, que se processa por fluxo de ar seco e quente sobre ele. A perda se dá pelo arraste do açúcar pelo fluxo de ar. A minimização dessa perda é realizada pela “lavagem” do ar que retorna ao processo. A construção da fronteira imaginária para a realização do equilíbrio de massa é mostrada pela figura 8.

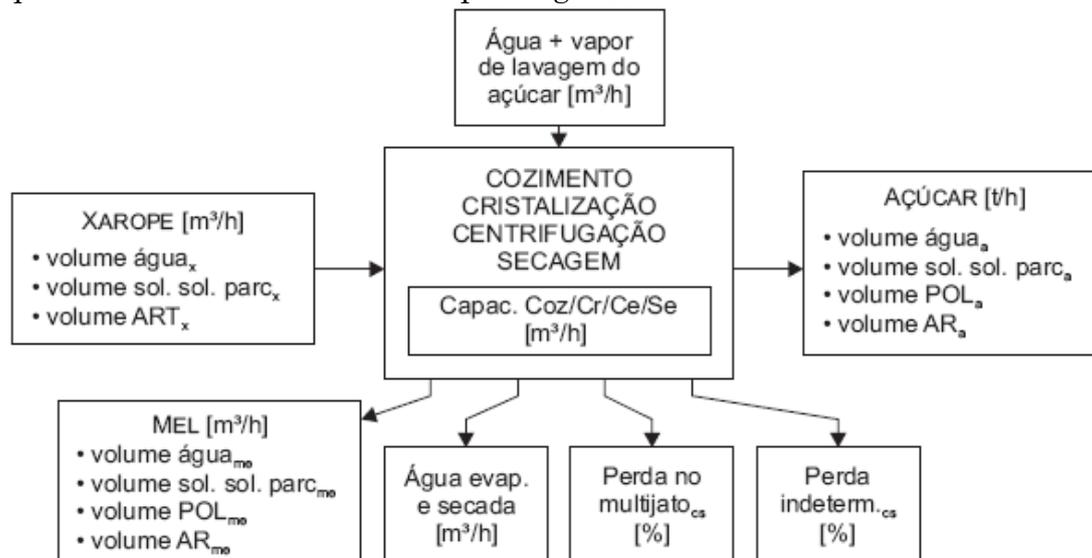


Figura 8. Balanço de ART nas fases de cozimento, cristalização, centrifugação. e secagem.(Fonte: Minerva, 2004)

O balanço de ART para o processo do álcool, neste trabalho, parte da fase de fermentação, uma vez que a recepção, extração e, com algumas considerações, também a clarificação do caldo são fases realizadas para obtenção do caldo para ambos os processos e já foram demonstradas anteriormente.

As perdas provenientes do processo de preparo do mosto, fermentação e centrifugação estão associadas a questões químicas, mecânicas e microbiológicas, assim como nas demais partes de uma usina, porém o efeito desta última é muito significativo nesta fase, pelo fato de a fermentação ser um processo biológico.

Como perda química pode-se destacar a morte de levedura por variações no pH do tratamento químico. A perda, neste caso, deve-se à necessidade de reprodução da levedura para atingir a quantidade normal novamente, com conseqüente consumo de energia (ART).

Por perdas mecânicas observam-se aquelas ligadas à eficiência da torre de “lavagem” do CO₂ (produto da fermentação alcoólica), em separar o

álcool, eficiência da centrifugação na separação do fermento dos demais componentes, perdas em lavagens de dornas e possíveis vazamentos em equipamentos em geral. As perdas microbiológicas devem-se as variações na viabilidade da própria levedura, fugindo ao equilíbrio entre produção de álcool e consumo “biológico” de energia e a presença de outros microrganismos que interagem e afetam negativamente o processo de fermentação. De todas essas perdas, a única que pode ser quantificada é a perda na fermentação, ficando as demais na categoria indeterminada.

Neste ponto do processo é necessário verificar se os equipamentos desta fase e da fase de destilação têm capacidade para processar o total de mosto/vinho. Caso não tenha, há a opção de limitar a quantidade de mel proveniente do açúcar a ser adicionado ao caldo, armazenando o restante em tanques para ser processado numa eventual parada da moagem.

Se a armazenagem do mel não for suficiente para equilibrar a capacidade de processamento dos equipamentos ou, ainda, não for de interesse, então é necessário diminuir a moagem de cana.

Essa ação de armazenar, ou não, está ligada ao fator regulador de mel-frm. Fator regulador de mel maior que 1 significa que há folga na capacidade dos equipamentos; e menor que 1 significa que é necessário armazenar mel. Esse fator é mostrado no simulador. Uma fronteira imaginária ao redor das fases de preparo do mosto, fermentação e centrifugação são mostradas pela figura 9.

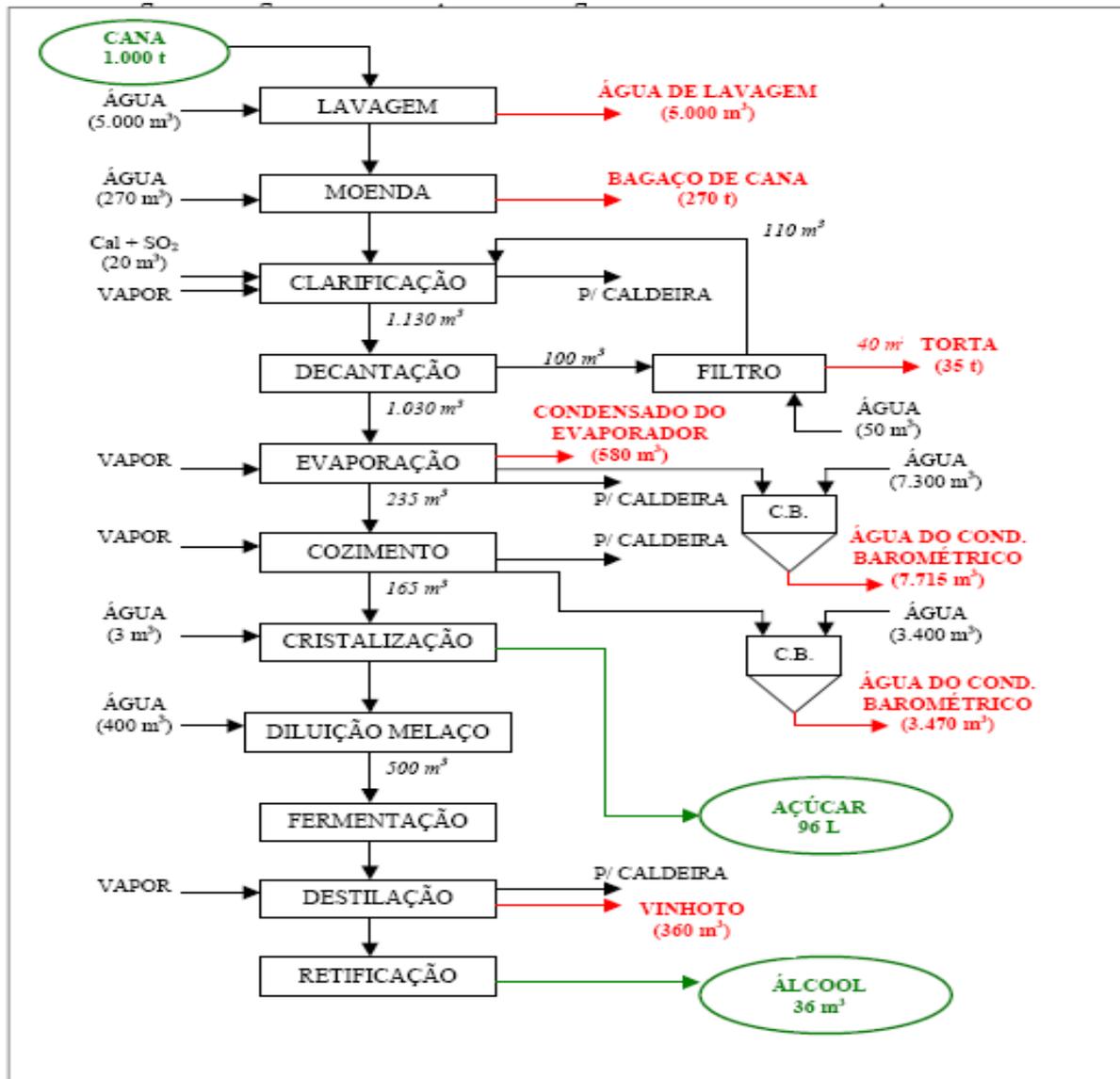
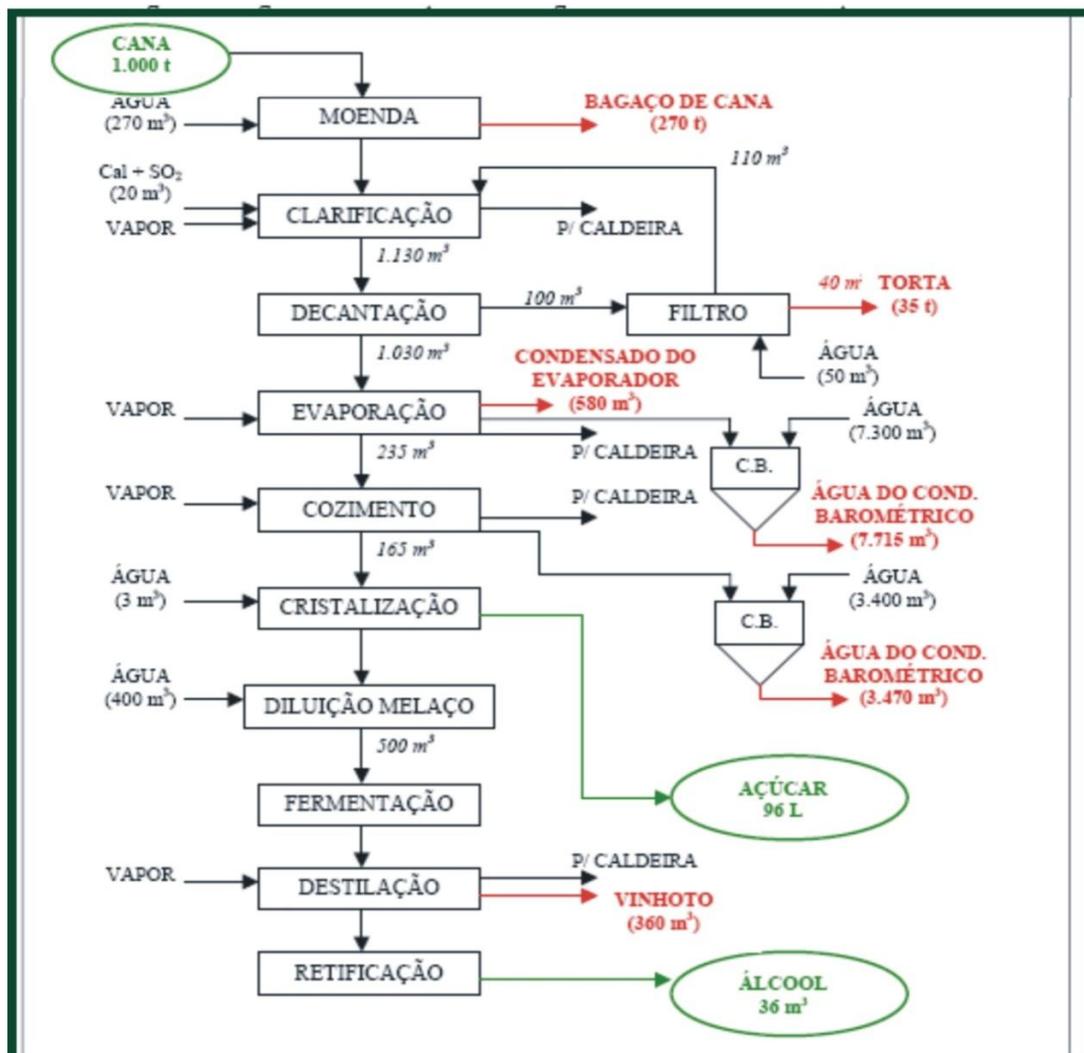


Figura 9. Fluxograma balanço de massa genérico de uma usina de açúcar e álcool. (Fonte: Minerva, 2004)

As perdas envolvidas na destilação são, praticamente, todas determinadas. Elas ocorrem pela presença de resíduos de álcool na vinhaça e flegmaça, resíduos estes não separados dos demais componentes durante o processo de destilação, por “desvios” na operação dos equipamentos. A figura 10 mostra o equilíbrio de massa desta fase. Os produtos da destilaria são o álcool anidro e hidratado.

Figura 10. Novo Fluxograma balanço de massa genérico de uma usina de açúcar e álcool (Fonte: Minerva, 2004)



O álcool anidro é produzido na coluna C da destilaria, a partir do álcool hidratado. Portanto, o volume de álcool anidro produzido tem valor que varia de “zero” até um valor máximo, que pode ser a capacidade máxima de produção da coluna C ou o volume total de álcool hidratado.

A quantidade produzida está limitada a esses fatores e, dentro deles, o simulador permite a escolha da quantidade desejável através do fator de

conversão de álcool hidratado em anidro – Fha. A escolha das quantidades está ligada, na prática, a fatores operacionais ou econômicos, tendo um campo na planilha para o seu lançamento.

Aspectos ambientais do processo industrial

A cultura da cana-de-açúcar é praticada em mais de 80 países no mundo (ÚNICA, 2005), com variações nos períodos e técnicas de cultivo dependendo de condições locais. É caracterizada como uma cultura de altíssima eficiência de fotossíntese (portanto, com grande produção de biomassa por unidade de área).

No Brasil é cultivada principalmente em grandes áreas no Nordeste e Centro-Sul, com destaque para São Paulo com 60% da produção nacional. São usados cinco ou seis cortes antes da reforma do canavial, e o período de safra é de seis ou sete meses. Todo o processo de produção é intensivo em mão-de-obra, especialmente a colheita; o avanço de mecanização tem reduzido o número de empregos (por unidade de produção) e também a sua sazonalidade. A cultura utiliza fertilizantes e defensivos agrícolas moderadamente e recicla todos os efluentes industriais da produção de etanol e açúcar como insumos para a lavoura. A prática da queima do canavial antes da colheita (retirando as folhas para facilitar o corte) está sendo gradualmente reduzida, com restrições ambientais e de segurança em algumas áreas, mas ainda é dominante.

Após a colheita, a cana de açúcar é transportada em caminhões, bicaminhões ou treminhões, para o processamento na usina. A operação integrada de corte, carregamento e transporte têm evoluído muito para evitar compactação do solo agrícola e para reduzir custos, com sistemas de grande capacidade, dentro dos limites legais das estradas.

Os colmos de cana são processados para produzir etanol e açúcar. Parte da cana é lavada para retirar impurezas minerais (a cana de colheita manual, apenas) apesar de que ainda existem algumas usinas que misturam a cana colhida manualmente com a colhida mecanicamente na lavagem, o que ocasiona um maior gasto de água. Um sistema de extração (no Brasil, quase exclusivamente moagem: a cana é picada, desfibrada e passa por uma série de moendas) separa o caldo, contendo a sacarose, da fibra (bagaço). Para a produção de açúcar, o caldo é limpo (decantação e filtro prensa, retirando um resíduo, a torta de filtro), concentrado e cristalizado. Uma parte dos açúcares não cristalizados e impurezas (melaço) são separadas; no Brasil este mel residual é em geral muito mais rico em açúcar, evitando-se o estágio final na cristalização e usando o mel, em mistura com caldo, como insumo para a fermentação. Esta mistura é levada à concentração adequada e fermentada com leveduras; os sistemas na maioria são do tipo fed-batch, com reciclo da levedura, mas há processos contínuos. O vinho resultante é destilado, produzindo álcool (hidratado ou anidro) e deixando como resíduo a

vinhaça (a água da cana e a adicionada na moagem, matéria orgânica, e minerais importantes, como o potássio, que vieram com a cana).

Toda a energia para o processamento (elétrica; mecânica, no acionamento de algumas bombas, ventiladores e das moendas; térmica, para os processos de concentração do caldo e destilação) é suprida hoje por um sistema de co-geração que usa somente o bagaço como fonte energética; a usina é auto-suficiente, e em geral por ter excedentes de energia. Como principal insumo químico, é empregada a soda cáustica (NaOH) para lavagem de pisos e equipamentos e na produção de álcool neutro. Algumas Usinas estão substituindo as caldeiras antigas, de baixa pressão (22 bar), por equipamentos modernos (60 a 70 bar)

Os processos industriais têm como resíduos a vinhaça, a torta de filtro e as cinzas das caldeiras de bagaço. São totalmente reciclados para a lavoura: a vinhaça na forma líquida, como fertirrigação; a torta transportada em caminhões, como adubo. Os processos industriais utilizam água (captada de rios e poços) em várias operações; há uma intensa reutilização, visando reduzir a captação e o nível do despejo tratado.

Impactos no meio ambiente

Os impactos no meio ambiente consideram a cultura da cana, o processamento industrial e o uso final. Incluem os efeitos na qualidade do ar e no clima global, no uso do solo e biodiversidade, na conservação do solo, nos recursos hídricos e o uso de defensivos e fertilizantes. Estes impactos podem ser positivos ou negativos; em alguns casos a indústria da cana tem resultados muito importantes, como na redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e na recuperação de solos agrícolas. A legislação ambiental (incluindo restrições ao uso do solo) é avançada no Brasil.

A cana-de-açúcar é matéria-prima de grande flexibilidade. Com ela é possível produzir açúcar e álcool de vários tipos; fabricar bebidas como cachaça, rum e vodka e gerar eletricidade a partir do bagaço via álcool-química. Da cana se aproveita absolutamente tudo: bagaço, méis, torta e resíduos de colheita.

Do bagaço, obtêm-se bagaço hidrolisado para alimentação animal, diversos tipos de papéis, fármacos e produtos como o furfural, de alta reatividade, para a síntese de compostos orgânicos, com grande número de aplicações na indústria química e farmacêutica.

Do melão, além do álcool usado como combustível, bebida, e na indústria química, farmacêutica e de cosméticos, extraem-se levedura, mel, ácido cítrico, ácido lático, glutamato monossódico e desenvolve-se a chamada álcoolquímica – as várias alternativas de transformação oferecidas pelo álcool etílico ou etanol.

Do etanol podem ser fabricados polietileno, estireno, cetona, acetaldeído, poliestireno, ácido acético, éter, acetona e toda a gama de

produtos que se extraem do petróleo. Seu variado uso inclui a fabricação de fibras sintéticas, pinturas, vernizes, vasilhames, tubos, solventes, plastificantes, etc.

Dos resíduos, utilizam-se a vinhaça e o vinhoto como fertilizantes. Existem ainda outros derivados: dextrana, xantan, sorbitol, glicerol, cera refinada de torta, antifúngicos, etc.

A cana-de-açúcar gera, portanto, assim como o petróleo, incontável número de produtos, de fermento a herbicidas e inseticidas, com importante diferencial: são biodegradáveis e não ofensivos ao meio ambiente.

A produção atual de álcool no mundo é da ordem de 35 bilhões de litros, dos quais 60% destinam-se ao uso combustível. O Brasil e os Estados Unidos são os principais produtores e consumidores (UNICA, 2007).

O mercado possui enorme potencial de expansão, graças a fatores como o combate mundial ao efeito estufa e à poluição local, que levou à substituição de aditivos tóxicos na gasolina; a valorização da segurança energética, buscando-se autonomia pela diversificação das fontes de energia utilizadas; o incremento da atividade agrícola, que permite a criação de empregos e a descentralização econômica.

A comunidade científica afirma que o petróleo já inaugurou seu período de depleção, caracterizado por demanda muito superior às reservas existentes. Isso abre caminho para que a energia limpa e renovável de fontes como a biomassa da cana-de-açúcar e outros vegetais se transforme em um dos principais energéticos do século 21.

Razões econômicas (economia de divisas) e sociais (geração de empregos) inspiraram a utilização do álcool como combustível no Brasil, mas sua sustentabilidade também se baseia na contribuição para a melhoria do meio ambiente: combustível limpo, o álcool tornou-se grande aliado na luta contra a degradação ambiental, principalmente nos grandes centros urbanos.

O Brasil já colhe os frutos ambientais do seu uso em larga escala. Estudo publicado pela Confederação Nacional da Indústria, em 1990, que comparou cenários de utilização de combustíveis na Região Metropolitana de São Paulo, concluiu que o melhor cenário para a redução de emissões seria o uso exclusivo do álcool em toda a frota; o pior, o uso de gasolina pura. Na faixa intermediária, situaram-se os cenários de frota operando exclusivamente com gasolina contendo 22% de etanol e, em posição ambientalmente mais favorável, o mix da frota circulante em 1989, composto por 51% de veículos com 22% de etanol na gasolina e 49% de veículos a álcool puro.

O maior diferencial ambiental do álcool está na origem renovável. É extraído da biomassa da cana-de-açúcar, com reconhecido potencial para sequestrar carbono da atmosfera, o que lhe confere grande importância no combate global ao efeito estufa.

Os impactos ao meio ambiente estão sendo ignorados pelos que defendem a substituição do petróleo pelo álcool combustível como uma medida para redução do aquecimento global. Um dos processos de produção mais comuns é a queima da palha do canavial, para facilitar o corte manual e aumentar a produtividade do cortador de cana. Essa prática reduz custos de transporte e aumenta a eficiência das moendas nas usinas. No entanto, a queima libera gás carbônico, ozônio, gases de nitrogênio e de enxofre (responsáveis pelas chuvas ácidas) e provoca perdas significativas de nutrientes para as plantas, além de facilitar o aparecimento de ervas daninhas e a erosão. Como opção às queimadas, responsáveis por boa parte das mortes dos cortadores por meio da inalação de gases cancerígenos, a mecanização pode ser extremamente prejudicial ao solo, pois o comprime, não permitindo a entrada de oxigênio. Apesar da grande importância das queimadas, abordaremos neste trabalho somente os impactos do processo industrial.

O processo nas indústrias de açúcar e álcool é feito com uso intenso de água, energia térmica e eletromecânica que provém da queima do bagaço nas caldeiras. São empregados reativos químicos e biológicos como: soda cáustica, cal, ácidos e leveduras. Como resultados do processo, são produzidos: açúcar, álcool, proteínas de levedura, além de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

Nas imediações da usina há intensa movimentação de caminhões que transportam matérias- e resíduos. Dependendo das características de ocupação dos arredores, bem como a inexistência de anéis viários nas proximidades de pequenos núcleos urbanos e comunidades rurais afastadas, tal movimentação de caminhões pode gerar emissões de ruídos e vibrações, causando incômodos e danos aos moradores. Igualmente, tem-se verificado grande emissão de poeiras, que causam problemas respiratórios nessas pessoas.

Os efluentes do processo industrial da cana-de-açúcar também prejudicam a natureza. Sem o devido tratamento, os dejetos lançados nos rios comprometem a sobrevivência de diversos seres aquáticos "Hoje, nem os mananciais dos rios preservados", atesta Aristides dos Santos, da Federação dos Trabalhadores na Agricultura de Pernambuco (Fetape). Ele afirma que praticamente toda a Mata Atlântica nordestina foi dizimada pelos donos dos canaviais. "Na entre safra, queremos que o governo do Estado de Pernambuco, comece a trabalhar nas áreas de mananciais com os trabalhadores desempregados em atividades de proteção ambiental", completa.

Além disso, como toda monocultura, a plantação da cana em larga escala diminui a diversidade biológica e empobrece o solo.

Tabela 1 - Principais resíduos da produção de açúcar e álcool.

Resíduos e/ou subprodutos	Características principais	Disposição
Água da lavagem da cana	Vol.: 2-7 m ³ /tc DBO: 200 - 1200 mg/L pH = 4,8	Fertirrigação Recirculação Tratamento e/ou descarte
Condensados vegetais (secundários)	Vol.: 0,55 m ³ /tc DBO: 500 - 1000 mg/L	Fertirrigação Recirculação Tratamento e/ou descarte
Águas dos condensadores barométricos e dos multijatos	Vol.: 10 - 20 m ³ /tc DBO: 100 - 300 mg/L t = 35 - 40 °C	Fertirrigação Recirculação Tratamento e/ou descarte
Condensados de caldeiras e purgas	Baixo potencial poluidor	Recirculação
Águas da lavagem de equipamentos e pisos	Alta concentração de sólidos sedimentáveis DBO: 400 - 15000 mg/L	Fertirrigação Descarte
Águas residuais domésticas	75 - 120 l/dia.trab. Presença de coliformes	Fossas/sumidouros
Vinhaça	£ 156 l/tc (destilaria anexa) e 910 l/tc (destilaria autônoma) Alto potencial poluidor	Fertirrigação, fermentação anaeróbica, combustão em caldeiras, outros usos
Torta de filtro	30 - 40 Kg/tc Alta DBO	Fertilizante, produção de ceras
Material particulado e gases provenientes da queima do bagaço de cana	Particulados 4000 - 6000 mg/Nm ³ £ 6 Kg/tc.NO _x	Atmosfera com ou sem equipamentos de controle

tc = tonelada(s)de cana moída na usina

Fonte: SALLES (1993); Bichara e P. Filho (1991)

Nas usinas mais antigas e localizadas distantes das áreas urbanas, era comum o uso de valas para descarte de resíduos sólidos domésticos, de escritório, entulhos de construção civil, podas de árvores, restos de estopas, graxas e embalagens de óleos. Essas áreas também eram empregadas como locais de retirada indiscriminada de solo, deposição temporária de material orgânico (cinzas, fuligens, lodos gerados pela lavagem de cana, material de limpeza dos tanques de vinhaça, etc.). A degradação ambiental cessa, a partir do momento em que estes locais são empregados para armazenamento temporário e compostagem orgânica das cinzas, da fuligem e da torta de filtro; e os resíduos sólidos são destinados corretamente.

A poluição do ar nas usinas pode ser causada, basicamente, pela queima do bagaço nas caldeiras, pelas emissões de gases nas torres de destilação e dornas de fermentação. Mas existem equipamentos de controle dessas emissões que se usados podem amenizar o problema, o que poderá ser compreendida como uma medida de produção mais limpa e gestão ambiental.

Toda demanda de energia térmica, elétrica e mecânica de uma usina, é suprida a partir da queima do bagaço nas caldeiras, para a geração de vapor. Essa queima gera como principais poluentes do ar: material particulado (MP), monóxido e dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio. O MP está associado basicamente ao residual de cinzas e fuligens.

Devido a sua cor escura, causa incômodos nas residências devido a sua precipitação e provoca efeitos estéticos indesejáveis. Já se esse material for inalado pode penetrar nos pulmões e diminuir a capacidade respiratória.

Já os óxidos de nitrogênio na presença de radiação solar e de compostos orgânicos voláteis (VOC's) podem gerar ozônio.

As caldeiras com tecnologias modernas são fabricadas para limitar a temperatura dos gases, gerando quantidades menores de nitrogênio.

Para as caldeiras providas de lavadores de gases a USEPA (United States Environmental Protection) adota como referência os seguintes fatores de emissão: 0,7 Kg de MP/tb e 0,6 Kg de NOx/tb. A Resolução CONAMA nº 382 (2006) fixou em 200 mg/Nm³ e 350 mg/Nm³ as concentrações para MP e óxidos de nitrogênio, respectivamente.

No Estado de São Paulo, continua em vigor o Artigo 31, Inciso I, do Decreto Estadual 8.468/76 que exige que o grau de enegrecimento das emissões gasosas não ultrapasse o Padrão I da Escala de Ringelman, apesar desta prática ser pouco comum, pois não é eficiente devido à intensa evaporação de água.

Podem ocorrer problemas com armazenamento do bagaço nas usinas que não implantaram o sistema de co-geração ou até mesmo naquelas que têm essa prática, mas não utilizam todo o volume desse bagaço gerado, pois devido o armazenamento ser ao ar livre sem proteção das chuvas e ventos, pode ocorrer suspensão de partículas e causar danos à saúde dos funcionários. Esse particulado pode provocar sérios problemas respiratórios e deposição nas áreas comuns da empresa causando efeitos estéticos indesejados.

As emissões de dióxido de carbono, aldeídos, álcool e ciclohexanoprovenientes dos processos de fermentação e destilação provocam cheiros tão fortes, que são sentidos nas dependências externas da destilaria.

A poluição do solo na indústria de açúcar e álcool pode ser bem danosa ao meio ambiente. Esta poluição pode ser causada pelos resíduos gerados no processo (torta de filtro e vinhaça), se os mesmos não forem tratados corretamente já que eles têm uma grande carga de metais pesados.

A torta de filtro é um lodo gerado na clarificação do caldo da cana, onde geralmente são empregadas várias substâncias químicas. Para cada tonelada de cana moída obtém-se aproximadamente 25 Kg de torta de filtro. Antes da destinação final esse resíduo é acumulado temporariamente em áreas a céu aberto, diretamente sobre o solo. Seu destino final é a adubação da cana.

A torta de filtro apresenta alta DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), devido à grande concentração de metais como: ferro, alumínio, zinco, manganês, etc. em conjunto com suas características orgânicas, podem causar poluição se percolado em direção aos corpos de água.

Ramalho e Amaral (2001, p. 126) identificam o aumento da concentração de metais pesados em solos que recebem adubação com torta

de filtro e um grande risco de contaminação do lençol freático, uma vez que os metais não são absorvidos pelas plantas e tendem a percolar.

A vinhaça ou vinhoto é o resíduo líquido gerado no processo de destilação do álcool. Cada litro de álcool gera de 10,3 a 11,9 litros de vinhaça, que apresenta: temperatura elevada; pH ácido; corrosividade; alto teor de potássio; significativas quantidades de nitrogênio, fósforo, sulfatos e cloretos. O seu despejo nos rios e lagos provocam eutrofização e morte dos peixes.

Desde a década de 70, a vinhaça é destinada no solo, mas muitas usinas não fazem esta destinação corretamente, pois deixam grandes concentrações desse resíduo acumulando durante dias, e fazem essa distribuição em caminhões, o que resulta na exalação de fortes odores e proliferação de moscas. Dado a sua riqueza em potássio, matéria orgânica e teor de água, passou a ser aplicada na lavoura, com grande sucesso econômico.

Para tanto, normalmente, as empresas utilizam canais sem revestimento para conduzir o líquido em pontos convenientes, onde através do método de aspersão do tipo montagem direta, é aplicada nos canaviais. Em geral as destilarias dispõem de canal principal ou mestre, de onde o líquido é distribuído a outros canais, denominados secundários, a partir dos quais é aplicado por aspersão.

A vinhaça é produzida e utilizada durante toda a safra canavieira, que em geral vai de maio a dezembro. Durante esse período, e por anos e anos de aplicação a infiltração do líquido pode atingir o lençol freático e causar problemas de contaminação.

Se a vinhaça não for destinada corretamente (dentro dos níveis de concentração permitidos), sua disposição no solo pode ser considerada potencialmente poluidora devido às concentrações de soda cáustica usada nos processos, o que resulta no acúmulo de sódio no solo.

Em 2005, a CETESB, por meio da Norma Técnica P4.231, estabeleceram regras para a aplicação da vinhaça no solo agrícola e restrições nas proximidades de núcleos urbanos, áreas de preservação permanente, exigindo impermeabilização de canais e reservatórios de acumulação.

Vê-se, que a destinação tanto da torta de filtro, quanto da vinhaça no solo, como fertilizante e composto orgânico, carece de leis mais rígidas no que se refere às concentrações recomendadas para não contaminar o solo e as águas subterrâneas.

Geralmente, as usinas adotam a prática da fertirrigação, para a disposição no solo, dos efluentes líquidos gerados no processo, que são agregados à vinhaça. Assim é feito com as águas geradas no processo de fabricação do açúcar, as resultantes da lavagem de pisos, equipamentos e lavadores de gases.

Na maioria dos países produtores de açúcar, já existem normas de controle de efluentes líquidos que estabelecem limite da quantidade de orgânicos, entre 15 e 60 mg/L de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), com exceção da Índia, onde o limite é de 100 mg/L (Purchase, 1996). Nestes países, o tratamento dos efluentes é realizado por meio de lagoas anaeróbicas e aeróbicas.

O lançamento de efluentes líquidos nos corpos de água, sem devido tratamento, e o lançamento de águas sem o devido resfriamento, pode acarretar na mortandade da fauna aquática. Antigamente, essa prática era comum. Por meio das Portarias 323/78 e 158/80, o extinto Ministério do Interior proibiu qualquer tipo de lançamento de águas residuárias de usinas de açúcar em corpos de água.

A qualidade dos corpos de água também é afetada pelo carreamento de sujeiras depositadas nas vias de circulação das usinas quando chove.

As atividades de uma usina de açúcar e álcool implicam em grande potencial de riscos e perigos às pessoas e ao patrimônio da empresa. Pois nas usinas há grande demanda de produtos perigosos, álcool, melão e vinhaça (todos com potencial de combustão) que são armazenados em grandes quantidades. Os processos implicam na geração de vapor a altas temperaturas e pressões. Portanto, decorre nessas empresas grande potencial de incêndios e acidentes com danos que podem comprometer a saúde e segurança das pessoas e a qualidade do meio ambiente.

Portanto, é essencial a adoção de um Plano de Gerenciamento de emergências. Mas apesar da legislação exigir a prevenção e combate a incêndios nas instalações industriais, muitas usinas não cumprem integralmente essas normas.

Alternativas de produção mais limpa

As considerações sobre poluição ambiental evoluíram nas últimas décadas de análises pontuais sobre a degradação mais evidente no meio ambiente (poluição das águas, poluição do ar e desmatamento) para uma visão abrangente, incluindo relações socioeconômicas e culturais, e biodiversidade, por exemplo. No Brasil esta mudança aparece na legislação ambiental com a resolução CONAMA nº 01/1986, impondo a necessidade da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto ambiental (RIMA) para a obtenção de licença para atividades que possam alterar significativamente o meio ambiente. Essa legislação é aplicada a todos os projetos de empreendimentos no setor de açúcar e álcool, o que ajuda muito na conscientização dos empreendedores da indústria de açúcar e álcool, no sentido de adequarem seus processos visando o cuidado com o meio ambiente, o que torna esta, uma medida de produção mais limpa. A legislação no Brasil tem uma forte dinâmica e as Licenças de

Operação devem ser renovadas a cada dois ou três anos, nos casos de usinas ou destilarias.

O setor sucroalcooleiro no Brasil é reconhecido hoje pelos benefícios ambientais do uso do etanol como substituição de combustível fóssil; da produção de açúcar com uso exclusivo de combustível renovável; do início do uso do potencial de produção de excedentes de energia elétrica. Por outro lado sua relação com o meio ambiente, melhorando sua posição como “produto limpo com produção limpa”, pode caminhar além do atendimento às exigências legais, buscando a melhoria ambiental contínua do processo de produção. Isto será uma imposição até em função da sua situação como o produtor mais competitivo internacionalmente (MACEDO, 2005).

A tendência normal da legislação ambiental é tornar-se cada vez mais restritiva; áreas importantes, e onde a evolução dos produtores já é sentida, incluem o controle de efluentes e a racionalização do uso da água.

Na agroindústria da cana, custos de produção favoráveis no Brasil e o suprimento de energia do bagaço tornam a sacarose muito atraente para dezenas de produtos; já são produzidos no Brasil o sorbibol, aminoácidos, ácidos orgânicos e extratos de leveduras.

Plásticos e outros artigos de grande volume (incluindo derivados do etanol) poderão ser introduzidos nos próximos anos.

O uso do etanol (puro ou em mistura) tem levado a melhorias consideráveis na qualidade do ar nos centros urbanos, decorrentes da eliminação dos compostos de chumbo na gasolina e do enxofre, e das reduções nas emissões de CO e na reatividade e toxicidade de compostos orgânicos emitidos. O controle dos efeitos indesejáveis das queimadas (sujeira e riscos de acidentes) está ocorrendo eficientemente de maneira progressiva, dentro da legislação vigente.

No setor de cana-de-açúcar, a relação entre a energia renovável produzida e a energia fóssil usada é de 8,3 na produção de etanol. A conseqüência é um extraordinário desempenho do setor, evitando emissões de GEE equivalentes a 13% das emissões de todo o setor de energia no Brasil (base 1994).

O Brasil tem a maior disponibilidade de água do mundo, e o uso da irrigação agrícola é relativamente pequeno; a cultura da cana-de-açúcar praticamente não é irrigada. A captação de água para o processo industrial tem sido reduzida substantivamente nos últimos anos, com re-utilização cada vez maior (Tabela 2). Os tratamentos são suficientes, em São Paulo, para garantir a qualidade da água retornada. O tratamento adequado das áreas de proteção ambiental referentes a matas ciliares teve grande evolução, e poderá constituir-se em poderoso auxiliar também na proteção da biodiversidade.

A água entra nas usinas com a cana (cerca de 70% do peso dos colmos) e com a captação para usos na indústria. A água captada é usada em vários

processos, com níveis diferentes de reutilização; uma parcela é devolvida para os cursos de água, após os tratamentos necessários, e outra parte é destinada, juntamente com a vinhaça, à fertirrigação.

A diferença entre a água captada e a água lançada é a água consumida internamente (processos e distribuição no campo) (NETO, Centro de Tecnologia Canavieira, 2005).

Tabela 2 - Usos da água (valores médios) em usinas com destilaria anexa

Setor	Processo	Uso médio (m ³ / t cana total)	Distribuição (%)
Alimentação	Lavagem de cana	5,33	25,4
Extração (moendas)	Embebição	0,25	1,2
	Resfriamento de mancais	0,15	0,7
Tratamento de caldo	Preparo de leite de cal	0,01	0,1
	Resfriamento na sulfitação ¹	0,05	0,2
	Embebição dos filtros	0,04	0,2
	Condensadores dos filtros	0,30	1,4
Concentração do caldo	Condensadores/multijatos evaporação ¹	2,00	9,5
	Condensadores/multijatos cozedores ¹	4,00	19,0
	Diluição de méis	0,03	0,1
	Resfriamento cristalizadores ¹	0,05	0,2
	Lavagem de açúcar ¹	0,01	0,0
Geração de energia	Produção de vapor	0,50	2,4
	Resfriamento turbogeradores	0,20	1,0
Fermentação	Resfriamento do caldo ²	1,00	4,8
	Resfriamento de dornas ²	3,00	14,3
Destilaria	Resfriamento condensadores ²	4,00	19,0
Outros	Limpeza pisos e equipamentos	0,05	0,2
	Uso potável	0,03	0,1
Total		21,00	100,0

¹ Somente na produção de açúcar
² somente na produção de etanol

Fonte: Única (2005)

Quanto aos efluentes e sua carga orgânica, o levantamento feito em 1995 em 34 usinas indicou uma carga orgânica remanescente de 0,199 Kg DBO5 / t cana, que comparada com estimativas do potencial poluidor na mesma época representava uma eficiência de 98,4 %. Notar que a fertirrigação da lavoura da cana-de-açúcar é o grande canal de disposição desta matéria orgânica, com vantagens ambientais e econômicas (Única, 2005).

Os principais efluentes e os seus sistemas de tratamento são:

- Água de lavagem de cana: 180 a 500 mg/l de DBO5 e alta concentração de sólidos. Tratada com decantação (lagoas) e lagoas de estabilização, para o caso de lançamento em corpos d'água. Na reutilização, o tratamento consiste em decantação e correção do pH entre 9 e 10.
- Águas dos multijatos e condensadores barométricos: baixo potencial com tanques aspersores ou torres para resfriamento, com recirculação ou lançamento.

- Águas de resfriamento de dornas e de condensadores de álcool: alta temperatura (~ 50°C). Tratamento com torres de resfriamentos ou tanques aspersores para retorno ou lançamento.
- Vinhaça e águas residuárias: grande volume e carga orgânica (10,85/l de álcool, com cerca de 175g DBO₅ / l de álcool). A vinhaça é aplicada na lavoura de cana conjuntamente com as águas residuárias (lavagem de pisos, purgas de circuitos fechados, sobra de condensados), promovendo a fertirrigação com aproveitamento dos nutrientes.

O Banco Mundial faz exigências quanto ao máximo de concentração de poluentes nos efluentes, como mostra a tabela 3. Além de recomendar, como medida de prevenção, a redução da vazão de efluentes até 1,3 m³/tc, com tendência a atingir o nível de 0,9 m³/tc, implementando a recirculação da água.

Tabela 3 Exigências do Banco Mundial para efluentes líquidos de Usinas açucareiras

Fonte: Word Bank (1997)

Parâmetro	Valor máximo
pH	6-9
DBO ₅	50 mg/L
DQO	250 mg/L
Sólidos totais em suspensão	50 mg/L
Óleos e gorduras	10 mg/L
Nitrogênio total (NH ₄ -N)	10 mg/L
Fósforo total	2 mg/L

Oportunidades de Produção mais Limpas (P+L)

1. Economia de água, dispensando o processo de lavagem da cana-de-açúcar através da eliminação da despalha com fogo (reduzindo a aderência de terra e pedregulhos) e da remoção a seco de parte das impurezas;
2. Conhecer melhor os resíduos gerados na empresa, iniciando um processo de implementação de segregação dos resíduos sólidos, separando-os conforme as normas relativas à coleta seletiva e segregação de resíduos sólidos. Este procedimento permite e facilita a reciclagem de materiais, o que deverá contribuir para reduzir o consumo de materiais na natureza;
3. Capacitar melhor os profissionais em cada uma de suas funções, promovendo cursos de aperfeiçoamento profissional para acompanhar a freqüente evolução tecnológica do setor. E promover um profissional especializado no setor de manutenção da empresa, visando sempre o bom andamento dos processos e a qualidade na manutenção de equipamentos;

4. Desenvolvimento de novas variedades, cada vez mais adaptadas ao clima, tipo de solo e sistema de corte (manual ou mecanizado) e cada vez mais resistentes a pragas e com maior concentração de sacarose;
5. Uso de insumos modernos, melhoria do sistema de transporte e mecanização da lavoura;
6. Melhoria na extração do caldo e diminuição de perdas no processo;
7. Melhorar processos de planejamento e controle;
8. Menor uso de produtos químicos no processo industrial de fabricação de açúcar e álcool;
9. Inovações tecnológicas nos processos de produção;
10. Gerenciamento da produção;
11. Co-geração de energia elétrica;
12. Separação da cana colhida mecanicamente, da colhida manualmente quando da lavagem, evitando assim, o alto consumo de água, pois a cana colhida manualmente é bem mais suja do que a da colheita mecanizada;
13. Educação ambiental para todos os colaboradores, fornecedores e até mesmo os profissionais terceirizados da usina;
14. Implantação de anéis viários e pavimentação de estradas e vias de circulação, evitando assim ruídos e poeiras, ocasionados pelos caminhões que circulam no entorno da usina;
15. Segregação de todas as águas residuárias para tratá-las separadamente da vinhaça, por meio da técnica de lodos ativados e posterior retorno aos corpos d'água adjacentes, dentro dos padrões legais;
16. Técnicas de reuso das águas:
17. Retorno de condensáveis;
18. Implementação de limpeza a seco da cana;
19. Macro medição do consumo de água;
20. Desassoreamento das represas de captação;
21. Implantação de calhas nas coberturas dos prédios, pavimentação e construção de galerias de águas pluviais, tanques de acúmulo e dissipação das águas das chuvas que atingem as áreas de circulação de máquinas e caminhões;
22. Uso da vinhaça como fertilizante dentro dos padrões permitidos, visando não poluir o solo e as águas subterrâneas, pois seu uso adequado repõe nutrientes ao solo, aumenta a produtividade agrícola, eleva o pH do solo, aumenta o poder de retenção de água, aumenta a população microbiana e melhora a estrutura do solo;
23. Aproveitamento da palha para geração de energia;
24. Compactação e Impermeabilização com geomembrana de Polietileno de Alta densidade (PEAD) das áreas de compostagem ao ar livre para evitar a contaminação do solo e das águas subterrâneas por resíduos de torta de filtro;

25. Emprego de lavadores de gases para controlar as cinzas, fuligens e óxidos de nitrogênio gerados na queima do bagaço nas caldeiras; Amostragens de chaminés acompanhadas pela CETESB, em 2006, revelaram que é possível atingir concentração de material particulado em caldeira de 150 tv/h, provida de lavador Venturi de até 120 mg/Nm³. No fim da safra, entretanto, desgastes dos lavadores, falta de água, muitas vezes causam perda de eficiência na retenção dos poluentes.
26. Troca das caldeiras antigas pelas modernas;
27. Monitoramento das chaminés, por meio de opacímetros, para verificar o grau de enegrecimento das emissões gasosas;
28. Cobertura do bagaço que fica depositado no pátio da usina, evitando a suspensão de MP;
29. Toda usina deve ter Plano de Gerenciamento de Emergências;
30. Economia de Insumos e matérias-primas;

Viabilidade

Hoje em dia, é evidente a necessidade de implementação de um Programa de Produção mais limpa nas indústrias, principalmente as do setor sucroalcooleiro devido ao grande volume de resíduos gerados nos processos da usina, resíduos esses que podem ser aproveitados com o uso de novas técnicas e tecnologias para melhoria da empresa, tanto no setor econômico como para minimizar os impactos causados ao meio ambiente.

O grande avanço da cana-de-açúcar, devido ao seu grande potencial bioenergético, deve servir de exemplo para o cuidado com o meio ambiente, já que apesar desse potencial, o setor também pode causar impactos no meio ambiente se não administrado e gerenciado de maneira a diminuir e evitar desperdícios, aproveitando melhor a matéria prima e os insumos de produção, estimulando o desenvolvimento sustentável e promovendo economia e lucratividade para a usina.

A tabela 4 demonstra algumas das várias maneiras de se introduzir um programa de produção mais limpa na indústria de açúcar e álcool.

Tabela 4– Exemplos de medidas de Produção mais Limpa

REJEITO	ORIGEM	COMPOSIÇÃO	REDUÇÃO	REÚSO/RECICLAGEM
Água de lavagem da cana	-Lavagem da cana antes da moagem;	-Teores consideráveis de sacarose, principalmente no caso de despalha da cana com fogo; -Matéria vegetal, terra e pedregulhos aderidos;	-Eliminação da despalha com fogo reduz aderência de terra e pedregulhos, podendo haver dispensa de lavagem; -Realização da lavagem em mesa separada daquela onde ocorre o desfibramento (evita perda de bagacilho aderido); -Redução vazão de água usada, através da remoção a seco de parte das impurezas;	-Reciclagem no processo de embebição (permite recuperação de parte da sacarose diluída); -Reciclagem no processo de lavagem (necessário tratamento para remoção de sólidos grosseiros e resíduos sedimentáveis, e eventualmente para remoção de substâncias orgânicas solúveis);

REJEITO	ORIGEM	COMPOSIÇÃO	REDUÇÃO	REÚSO/RECICLAGEM
Água dos condensadores barométricos e água condensada nos evaporadores	-Concentração do caldo;	-Água contendo açúcares, arrastados em gotículas;	-Redução perda do xarope: Redução da velocidade do fluxo; Redução da temperatura da água de condensação; -Recuperação do xarope: Uso de obstáculos que diminuam o arraste (separadores e recuperadores de arraste); Aumento da altura dos evaporadores;	-Reciclagem da água no próprio processo (cuidado com teor de açúcar); -Reciclagem no processo, mas em outra etapa, como: Embebição da cana; Lavagem do mel após cristalização do açúcar; Geração de vapor; Lavagem de filtros; Preparo de solução para caleagem (na clarificação);
Bagaço	-Moagem da cana e extração do caldo;	-Celulose, com teor de umidade de 40-60%;		-Cogeração energia elétrica; -Obtenção de composto-uso como adubo; -Produção de ração animal; -Produção de aglomerados; -Produção de celulose;
Torta de Filtração	-Filtração do lodo gerado na clarificação;	-Resíduos solúveis e insolúveis da calagem; -Rico em fosfatos;		-Uso como condicionador do solo; -Produção de ração animal;

REJEITO	ORIGEM	COMPOSIÇÃO	REDUÇÃO	REÚSO/RECICLAGEM
Água de remoção de incrustações	-Remoção química (soda ou solução ac.clorídrico) de sais, na concentração do caldo (volume reduzido);	-Variam muito, mas predomínio de fosfatos, sílica, sulfatos, carbonatos e oxalatos;		-Pelo elevado teor de fosfato e pequena quantidade, incorporação ao vinhoto para uso como fertilizante; -Uso como complemento da atividade em tratamento biológico de efluentes;

Água da lavagem das dornas	-Lavagem dos recipientes de fermentação, p/ obtenção do álcool (volume reduzido);	-Semelhante ao vinhoto, mas bem mais diluído (cerca de 20% de vinhoto);		-Uso como fertilizante (observar taxa de aplicação em função à composição e do tipo de solo);
Vinhoto	-Resíduos da destilação do melão fermentado (para obtenção do álcool);	-Alta DBO e DQO;		-Uso como fertilizante (observar taxa de aplicação em função à composição e do tipo de solo);
Melão	-Fabricação de açúcar;	-Alta DBO (~90.000mg/l);	-Praticamente todo usado na produção do álcool;	-Produção álcool; -Fabricação levedura;
Ponta da cana	-Corte da cana para moagem;			-Alimento animal;

De acordo com a figura 11 (fluxograma de balanço de massa genérico de usina de açúcar e álcool) e a Tabela 4 (exemplos de medidas de P+L), propomos como exemplo, a implementação de medida para economia de água.

Em um primeiro momento vamos priorizar a economia de água, dispensando o processo de lavagem da cana-de-açúcar através da eliminação da despalha com fogo (reduzindo a aderência de terra e pedregulhos) e da remoção a seco de parte das impurezas.

Assim logo de início conseguiremos economizar 5000m³ de água.

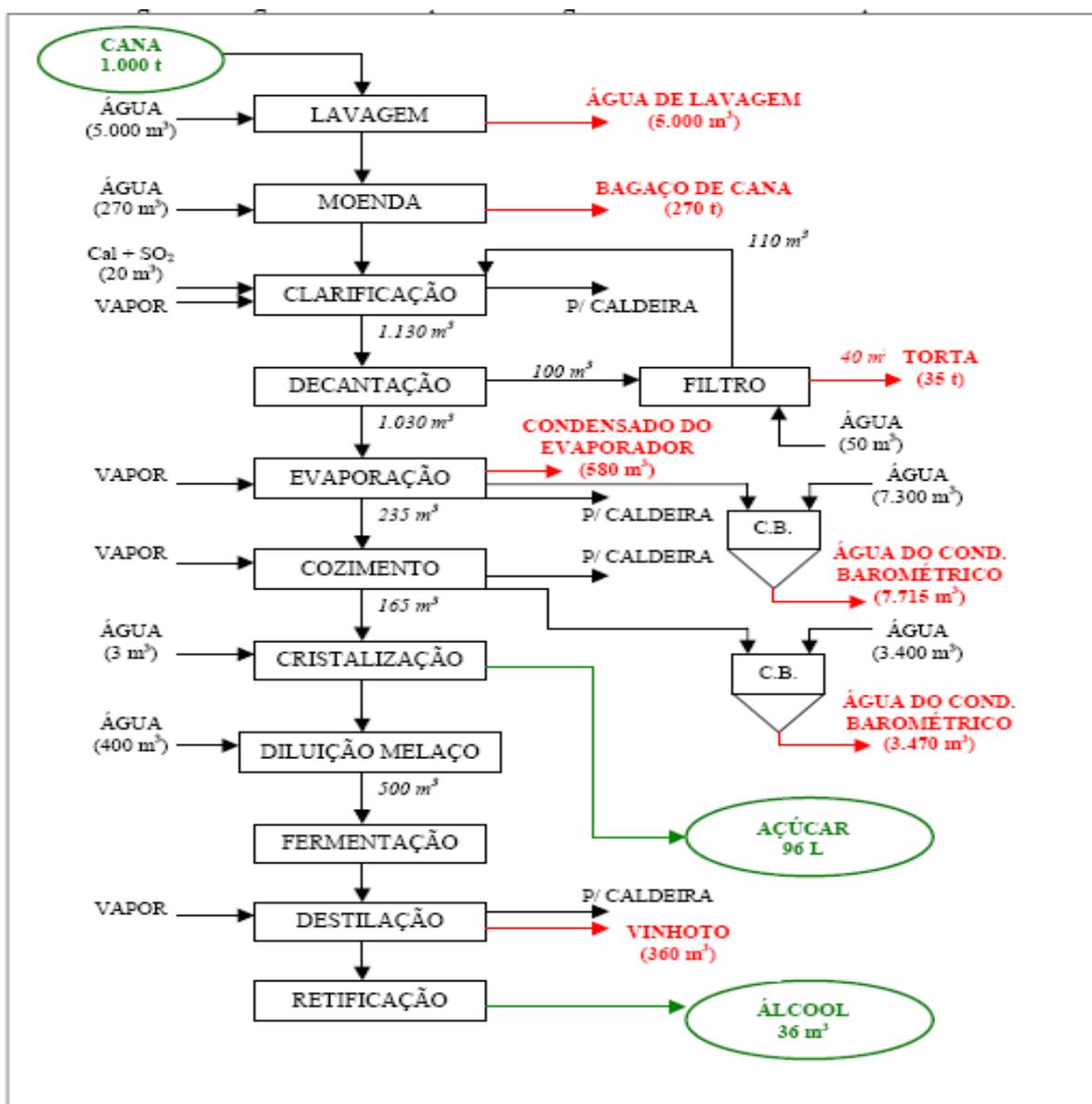


Figura 11. Fluxograma balanço de massa genérico de uma usina de açúcar e álcool. (Fonte: Minerva, 2004)

Para demonstrar a viabilidade da Implantação de um programa de P+L em uma usina de açúcar e álcool, podemos tomar como exemplo a economia de água, dispensando o processo de lavagem de cana-de-açúcar, através da eliminação da despalha com fogo (reduzindo a aderência de terra e pedregulhos) e da remoção a seco de parte das impurezas.

Assim, logo de início, apenas tomando essa medida, de acordo de acordo com a Figura 9 (fluxograma de balanço de massa genérico de usina de açúcar e álcool) e a Tabela 4 (exemplos de medidas de P+L), conseguiremos economizar 5000m³ de água.

Com o aumento da mecanização da colheita e a diminuição da prática de queima prévia da palha dos canaviais, cresce significativamente a quantidade de palhiço (folhas, ponteiros e frações de colmos e raízes) que seguem para as indústrias. E a quantidade de resíduos minerais que acompanham a cana crua também aumenta. Para evitar grandes perdas de sacarose no processo industrial, é preciso separar essas impurezas, isso poderá ser feito através do sistema de limpeza a seco que poderá ser instalado logo no descarregamento de cana na entrada da usina. Trata-se de uma solução já adotada por algumas usinas, com bons resultados. Parte destas unidades separam e mandam para a lavoura a terra e a palha recolhida, já outras separam a palha da terra e passam-na pela moenda. No entanto o ideal seria a utilização da palha como combustível suplementar para as caldeiras de bagaço, possibilitando um aumento de geração de energia excedente que poderá ser vendida.

Quando passamos a conhecer melhor os resíduos gerados seja em uma usina, ou em qualquer outra empresa, poderemos iniciar um processo de implementação de segregação de resíduos sólidos, separando-os conforme as normas relativas à coleta seletiva.

Este procedimento permite e facilita a reciclagem de materiais, o que deverá contribuir para reduzir o acúmulo de resíduos na natureza.

Assim sendo, nota-se que com a adoção de somente três medidas de produção mais limpa já podemos economizar e obter maior lucratividade, o que pode gerar maior produtividade. Sem contar na grande contribuição e cuidado com natureza e os Recursos Naturais

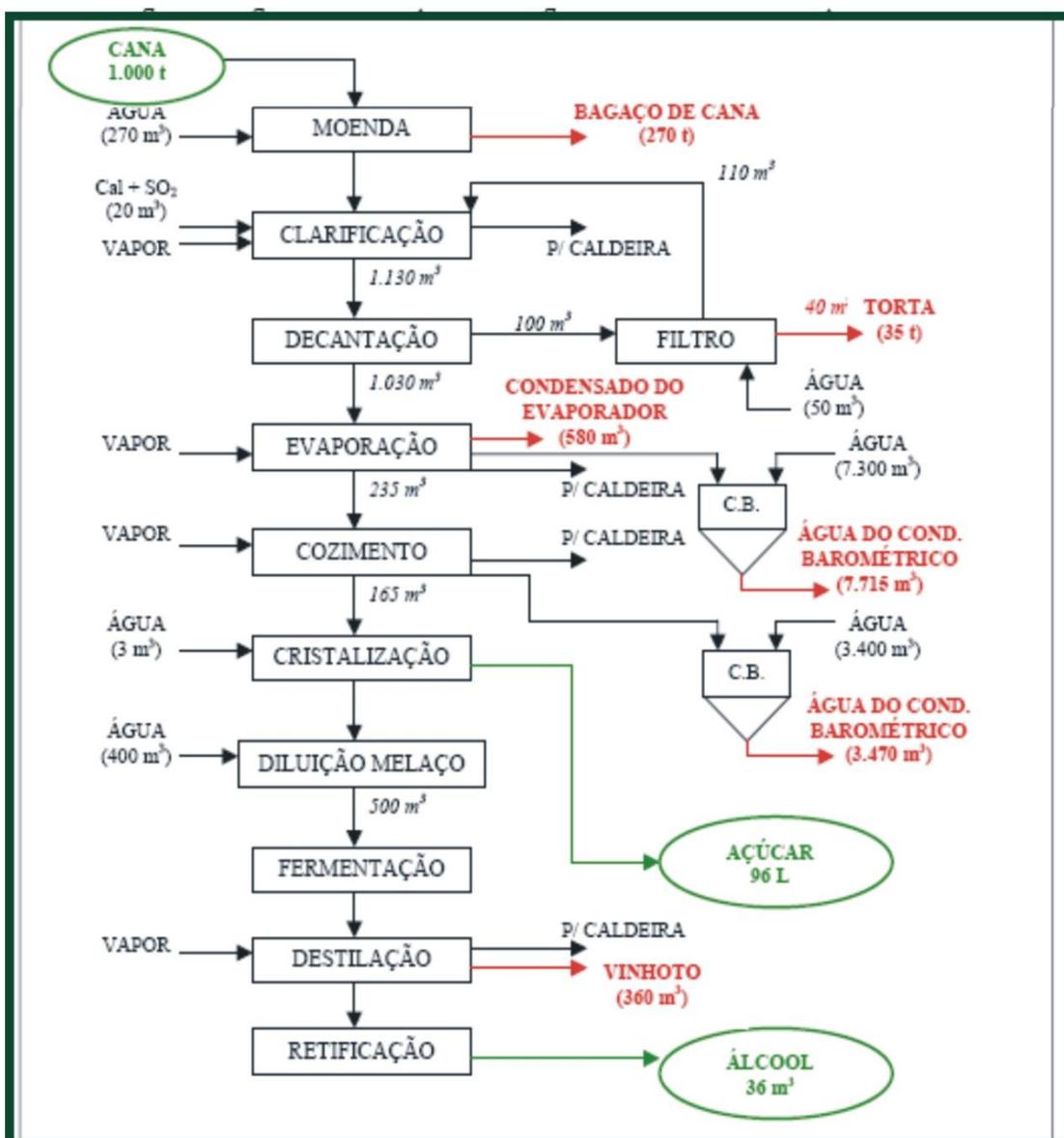


Figura 12. Novo Fluxograma balanço de massa genérico de uma usina de açúcar e álcool Fonte: CESTESB (2002)

Conclusão

Diante do cenário de mudanças climáticas e do aquecimento global, é sabido que o mundo reconhece a necessidade da redução dos Gases de Efeito Estufa (GEE). E sabe-se também que devido a este cenário, busca-se cada vez mais energias alternativas, principalmente no setor de biocombustíveis. O Brasil é muito rico em se tratando dessas energias.

Dentre as diversas formas de energia renováveis existentes em nosso país, há uma que está sempre em pauta no mundo inteiro, a produção de

açúcar, álcool e energia a partir da cana-de-açúcar, com destaque para São Paulo com 60% da produção nacional.

Apesar da cana-de-açúcar ser de origem renovável – e contribuir com impactos positivos para o meio ambiente, como por exemplo: seqüestro de carbono contribuindo com a redução dos GEE (Gases de Efeito Estufa); a conservação do solo; o uso mínimo de agrotóxicos; a grande capacidade energética do bagaço, as características favoráveis do etanol como combustível alternativo; -sabemos que a indústria sucroálcooleira também é grande geradora de resíduos que tendem a impactar o meio ambiente.

Diante disto e ante as mudanças climáticas que se apresentam, trilhar o caminho do equilíbrio entre a economia e a preservação da qualidade ambiental, deve ser ponto de partida do setor sucroálcooleiro para minimizar os impactos ambientais negativos causados nos seus processos.

A implantação da produção mais limpa na indústria de cana-de-açúcar é uma ferramenta eficiente na gestão desses impactos, pois é uma estratégia ambiental preventiva e integral que envolve processos, produtos e serviços de maneira que se previnam ou reduzam os riscos de curto ou longo prazo para o ser humano e o meio ambiente.

A economia de água é um bom exemplo de medida de P+L, já que o setor utiliza muito esse recurso natural em vias de escassez. Com certeza a economia de água poderá resultar em lucros para as indústrias sucroálcooleiras, e esse lucro poderá ser revertido em maiores investimentos em equipamentos, novas tecnologias, treinamento de pessoal e até mesmo monitoramento para avaliação do desempenho ambiental.

Portanto, concluímos que a produção mais limpa é um instrumento eficiente que tende a aprimorar os meios de produção, levando à economia de matérias-primas e insumos, redução da geração de resíduos e diminuição do uso de produtos tóxicos no setor.

Os bicomcombustíveis são uma alternativa para as fontes fósseis de energia, se produzidos de maneira sustentável, já que a prática de uma política ambientalmente saudável é essencial e de fundamental importância para a evolução de um desenvolvimento sustentável com qualidade de vida.

Referências

- BAYMA, C. Tecnologia do açúcar: da matéria-prima à evaporação. Rio de Janeiro, 1974.
- DELGADO, A. A.; CEZAR, M. A. A. Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana. Departamento de Tecnologia Rural da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz – USP, 1977. v. 2.
- VAN WYLEN, G. J.; SONNTAG, R. E. Fundamentos da termodinâmica clássica. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1976
- ALMEIDA, F. O Bom Negócio da Sustentabilidade. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2002.

- BACCHI, M. R. P. Brasil gerando energia de biomassa limpa e renovável. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA – ESALQ/USP, Piracicaba, julho de 2006.
- CENTURIÓN, R.E.B, DERÍSIO, J.C. Evolução do Controle da Poluição das Indústrias Sucroálcooleiras no Estado de São Paulo, Álcool e Açúcar. Nº 68.p.24 a 35, 1993.
- CETESB, Companhia de Tecnologia de saneamento ambiental: São Paulo. Manual para Implementação de um Programa de Prevenção à Poluição/CETESB. 4º ed. São Paulo: CETESB, 2002. 16p.
- CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. (1992) Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. Revista Brasileira de Energia, Vol.2, Nº. 2, 1992.
- COSTA, M. L. O. Setor Sucroálcooleiro. Editora Método: São Paulo.
- GUARDABASSI, P. M. Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento. Dissertação (Mestrado – Programa Interunidade de Pós-Graduação em Energia, EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo), 2006.
- IBPS, Instituto Brasileiro de Produção Sustentável e Direito ambiental: São Paulo. Disponível em: <<http://www.ibps.com.br>>. Acesso em 12 de maio de 2008.
- MACEDO, I. de C. et al. Energia da Cana-de-açúcar. Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. ÚNICA, 2005.
- MATTOS, A. R. Açúcar e álcool no Brasil. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1942.
- MEDAUAR, O. Coletânea de legislação ambiental/Constituição Federal. 7ª ed.rev.,atual. eampl.-São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2008.
- NETO, Centro de Tecnologia Canavieira, 2005. Disponível em: <<http://www.ctcanavieira.com.br>>. Acesso em 07 de jun. de 2008.
- PAOLIELLO, J. M. M. Aspectos ambientais e potencial energético no aproveitamento de resíduos da indústria sucroálcooleira. Dissertação de Mestrado. UNESP, 2006.
- PERCEBON, C.M., Efluentes Industriais Gerados pela Produção de Açúcar e Álcool – Seu Tratamento e Disposição. CETESB, 1996.
- PORTAL DO AGRONEGÓCIO. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br>>. Acesso em 20/05/2008.
- PURCHASE, B. S. Disposal of liquid effluents from cane sugar factories. Proceedings on the 22 insect Congress. Cartagena de Indias, Colombia, pp.49-54, 1995.
- P&S AGRO, Revista P&S agroindústria. Disponível em: <<<http://www.psagro.com.br>>>.
- RAMALHO, J. F.; AMARAL Sobrinho, N. M. Metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. Revista Floresta Ambiente, V.8 Nº 1 jan./dez. de 2001.

- RODRIGUES, R. (2001). Bagaço e Álcool. Revista Agroanalysis, São Paulo, ABAG-Associação Brasileira de Agrobusiness, dezembro de 2001.
- SALLES, L. da S. Elementos para o planejamento ambiental do complexo agroindustrial sucroálcooleiro no Estado de São Paulo: conceitos, aspectos e métodos. Dissertação de Mestrado, EESC – USP, 1993.
- SOPRAL – SOCIEDADE DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL, Avaliação do Bagaço da Cana-de-açúcar. SOPRAL, 1983.
- SZMRECSÁNYI, T. (1979). O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil: 1930-1975. Ed. Hucitec, São Paulo-SP, 1979.
- ÚNICA. União Nacional das Indústrias de Cana-de-açúcar: São Paulo. Disponível em: <<http://www.única.com.br>>. Disponível em: <<http://www.única.com.br>>.
- VICENTI, M. C. M. Valor da produção e mercado de trabalho na agricultura paulista, 1995-2002. Mercado. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em 23 de out. de 2007.