

AValiação DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTO – O CASO DO PAPEL RECICLADO

JOSÉ CARLOS BARBIERI (jose.barbieri@fgv.br , josecarlos.barbieri@gmail.com)
FGV/EAESP

JORGE EMANUEL REIS CAJAZEIRA (cajazeira@suzano.com.br , cajazeira@gvmail.br)
SUZANO PAPEL E CELULOSE / FGV - EAESP

O objetivo desse trabalho é discutir um conceito de gestão ambiental sob a perspectiva da cadeia de suprimento e apresentar um instrumento criado para esse fim, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Olhar a cadeia como um todo amplia as possibilidades de realizar uma gestão preocupada com os graves problemas socioambientais. Inicialmente será apresentado o conceito de ciclo de vida e a ACV. Depois, será apresentado um exemplo de aplicação para comparar produtos similares em termos de impactos ambientais acumulados ao longo das cadeias de suprimentos. Esse instrumento identifica áreas para realizar melhorias que reduzem os impactos ambientais adversos.

Palavras-chave: gestão ambiental, cadeia produtiva, cadeia de suprimento, ciclo de vida, avaliação do ciclo de vida, impacto ambiental.

Introdução

Os debates em torno do meio ambiente de um modo geral e, em especial, as relacionadas com o aquecimento global alcançaram definitivamente o grande público em praticamente todo o mundo. As iniciativas para enfrentar a degradação ambiental têm uma longa história e não há números de páginas suficientes para contá-la. Durante muito tempo os problemas ambientais eram tratados no âmbito dos países e suas subdivisões por meio de leis para controlar a poluição e ordenar a exploração de recursos naturais. Os problemas que ultrapassavam as fronteiras dos países passaram a ser objetos de acordos intergovernamentais para tentar solucioná-los de modo compartilhado. Embora desde o século XIX algumas iniciativas procuram tratar alguns problemas de modo global por meio de acordos multilaterais, como a proteção das aves migratórias, foi somente em meados dos anos 1960, quando esses problemas haviam se acumulado de tal maneira que afetavam todos os países e regiões, independentemente de terem ou não contribuído para a sua geração, que a questão ambiental passou a ter uma dimensão claramente global. Entre as iniciativas importantes para essa mudança de perspectiva destacam-se o Programa Homem e Biosfera da Unesco de 1971 e as conferências da ONU de 1972 e 1992, em Estocolmo e Rio de Janeiro, respectivamente. Essa mudança não se restringiu à extensão dos problemas que passaram de locais e regionais para globais ou planetários. Percebeu-se que os problemas ambientais também são problemas sociais decorrentes dos processos sociais e econômicos vinculados aos processos de desenvolvimento dos países e regiões, resultando desse fato o conceito de desenvolvimento sustentável. A palavra sustentável e sustentabilidade também se tornaram muito freqüentes nesses últimos anos e em geral associados à expressão responsabilidade social corporativa ou

empresarial. Porém, melhor seria responsabilidade socioambiental na medida em que busca sintonia com o movimento pelo desenvolvimento sustentável, um movimento humano de escala global mais importante e popular nesse momento.

A busca de processos de produção e consumo de bens e serviços que não comprometam a capacidade do meio ambiente de fornecer permanentemente recursos para esta e todas as gerações futuras é uma idéia central do movimento pelo desenvolvimento sustentável. Na busca pelo desenvolvimento sustentável muitas empresas e entidades empresariais têm procurado dar sua contribuição e não é ocioso dizer que sem elas não se vislumbram soluções por um motivo muito simples, são elas que produzem a grande maioria de bens e serviços e não há produção sem impacto socioambiental, positivo ou negativo. Empregos, renda e impostos são exemplos dos primeiros; poluição e exaustão de recursos naturais, do segundo.

Pela visão convencional, certos setores econômicos eram considerados de elevado potencial de degradação socioambiental, por exemplo, setor químico, mineração, siderúrgico, metalúrgico, curtume, fiação e tecelagem, enquanto outros eram considerados de baixo potencial, ou até mesmo amigáveis ao meio socioambiental, tais como confecção de roupas, editoras de livros e revistas, escolas, padarias, bancos e lojas de varejo. Tal entendimento baseava-se no fato de que seus níveis de poluição e de recursos usados são desprezíveis quando comparados com os primeiros. Essa visão não faz sentido para os objetivos do desenvolvimento sustentável, pois toda empresa faz parte de uma cadeia produtiva. Uma empresa pode gerar o mínimo de impacto ambientais adversos e tratar sua força de trabalho com dignidade, mas utiliza insumos produzidos em empresas que degradam o meio ambiente e se servem de trabalho aviltado. Manter limpo o quintal deixando a sujeira no vizinho não resolve o problema. Os poluentes geram prejuízos além dos locais onde foram lançados e o mau uso de recursos naturais e humanos se propaga pela cadeia produtiva. Esse fato é agravado pelo recente fenômeno da terceirização planetária, pelo qual os países desenvolvidos concentram-se na inovação, na tecnologia e nos serviços, enquanto a produção de bens físicos se desloca para os países não-desenvolvidos onde a força de trabalho é barata e as legislações ambientais são frouxas para produzir em alta escala e baixo custo produtos baratos que mantêm o bem-estar das sociedades mais ricas.

A perspectiva da cadeia produtiva é a mais adequada para que as empresas dêem a sua melhor contribuição aos problemas socioambientais, pois os produtos que os seus clientes adquirem para atender suas necessidades incorporam recursos materiais, energéticos e humanos acumulados ao longo da cadeia produtiva e geram impactos ambientais desde o início da cadeia e se estendem até os consumidores finais. Enxergar a cadeia produtiva e não apenas o que se passa no interior da empresa é a base para o estabelecimento de boas práticas de gestão e operação empresariais comprometidas com o desenvolvimento sustentável. A Avaliação do Ciclo de Vida é um instrumento de gestão concernente a essa perspectiva.

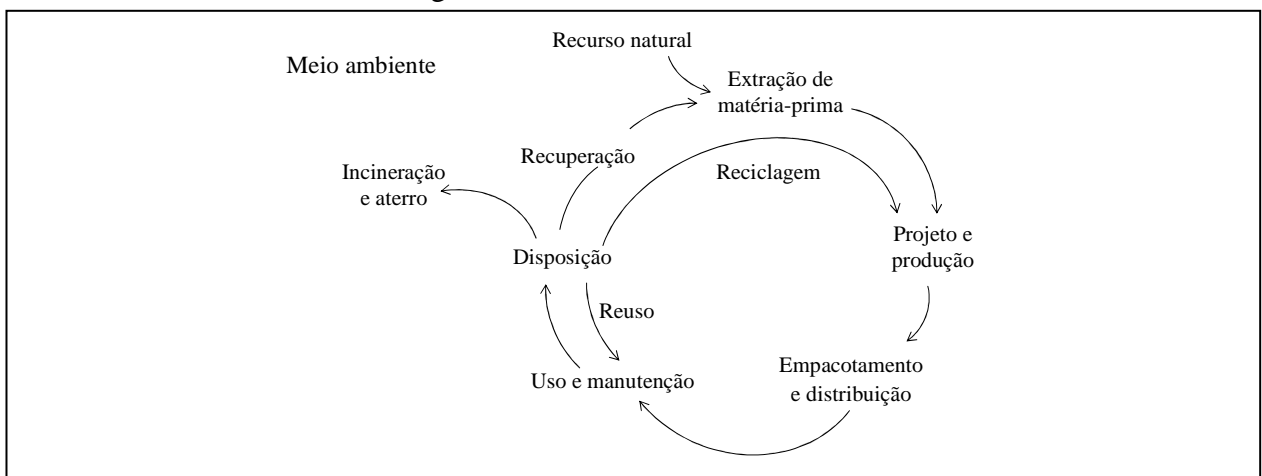
O Conceito de Ciclo de Vida

De acordo com Fiksel (1997, p. 73), ciclo de vida é uma seqüência de fases relacionadas com um produto, processo, serviço, instalação ou empresa. Esse autor distingue ciclo de vida econômico de um produto ou processo do ciclo de vida físico. O ciclo de vida econômico de um produto é uma seqüência de atividades na qual se inclui a concepção do produto, seu desenvolvimento, lançamento, fabricação, manutenção, reavaliação e renovação que implica uma nova geração do produto. De modo similar, o ciclo de vida econômico de um processo

também é uma seqüência de atividades que envolve a concepção do processo, o projeto das instalações e equipamentos, construção, operações, manutenção e retirada ao final da sua vida. O ciclo físico de um produto é uma seqüência de transformações de materiais e energia que inclui a extração de matérias-primas, fabricação, distribuição, utilização, recuperação de materiais, reciclagem e reuso. O ciclo do processo também envolve a transformação de materiais e energia, sendo que um mesmo processo pode implicar na produção de vários produtos e um mesmo produto pode implicar vários processos.

Nesse trabalho, o ciclo de vida de um bem ou serviço será entendido como ciclo de vida física, ou seja, estágios do processo de produção e comercialização, desde a origem dos recursos naturais no meio ambiente, até a disposição final dos resíduos de materiais após o uso, passando pelo beneficiamento, transportes, estocagens, processamento, manutenção e outros estágios intermediárias. Por isso, esse conceito também é conhecido pela expressão *do berço ao túmulo (cradle to grave)*, o berço é o meio ambiente de onde são extraídos os recursos naturais que serão transformados e o túmulo é o próprio meio ambiente enquanto destino final dos resíduos de produção e consumo que não foram reusados ou reciclados pelos sistemas produtivos. A Figura 1 exemplifica um ciclo de vida genérico, note que o ciclo começa com a exploração do meio ambiente, como fonte de matérias-primas, energia, água e uso do solo, e termina com o uso do meio ambiente como local para a disposição final de resíduos não reaproveitados.

Figura 1: Ciclo de Vida Genérico



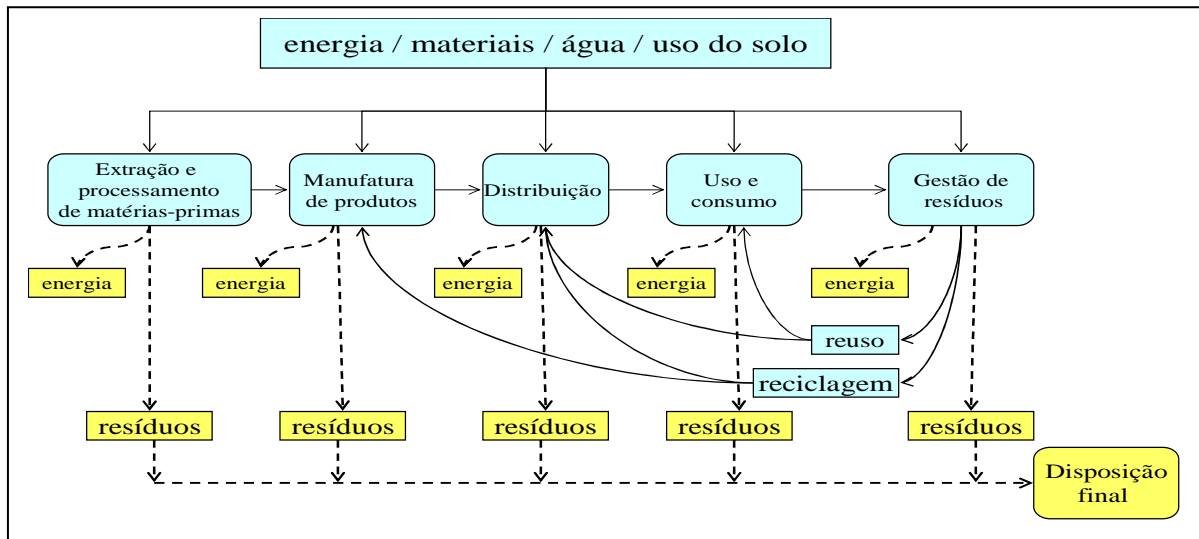
Fonte: UNEP, 2007; pg. 12.

Segundo o entendimento acima, o ciclo de vida de um bem ou serviço contempla a totalidade da sua cadeia produtiva, que é um conjunto de etapas consecutivas pelas quais passam e vão sendo transformados os diversos insumos (DANTAS; KERTSNETZKY; PROCHNIK, 2002, p. 37). A Figura 2 mostra esse ciclo por meio de etapas de uma cadeia de produtiva. Observe que em cada etapa novos recursos são utilizados e novos resíduos são produzidos. Embora não esteja representado na figura, os transportes entre uma etapa e outra, bem como dentro delas, fazem parte do ciclo de vida, bem como os relacionados com os retornos de materiais para reuso, reparo, reciclagem e a remoção dos resíduos. Para reduzir a necessidade de extração de recursos naturais e os lançamentos dos resíduos não aproveitados é preciso conhecer os impactos ambientais específicos de cada etapa da cadeia produtiva. Como os problemas ambientais são transferidos de uma etapa para outra é ilusório pensar que eles podem ser resolvidos adequadamente por uma unidade produtiva de modo isolado. A

visão do ciclo de vida permite atuar com mais eficácia tanto sobre os problemas ambientais dos produtos e serviços existentes, quanto sobre a concepção e implementação de inovações de produtos e processos produtivos com vistas a reduzir os resíduos antes de serem gerados e facilitar a recuperação de materiais após o uso do produto.

Apesar do conceito de ciclo de vida referir-se à cadeia de produtiva, a sua operacionalização se dá na cadeia de suprimento (*supply chain*). Esta pode ser entendida como uma segmentação longitudinal da cadeia produtiva, na qual cada etapa representa uma ou mais empresas que participam de um acordo de produção (DANTAS; KERTSNETZKY; PROCHNIK, 2002, p. 37). Mentzer et al. (2001, p. 4) falam de um conjunto de três ou mais entidades (organizações ou indivíduos) diretamente envolvidos nos fluxos, a montante e a jusante, de produtos, serviços, recursos financeiros e/ou informações da fonte ao consumidor. Para Chopra; Meindl (2003, p.3) a cadeia engloba todos os estágios envolvidos direta ou indiretamente no atendimento de um pedido de um cliente, como fornecedores, fabricantes, transportadores, armazenadores, distribuidores, varejistas e o próprio cliente, bem como prestadores de assistência técnica e qualquer outro componente que represente etapas do processo de produção e comercialização de produtos e serviços. Assim, gestão da cadeia de suprimento (*supply chain management*) concerne aos esforços para interligar essas etapas para alcançar resultados desejados, apesar de que essa expressão suscita diferentes interpretações como mostra Sampaio (2007). A gestão da cadeia de suprimento não se restringe à logística, uma das interpretações usuais, porém restrita. Esse autor mostra que para combater essa interpretação o *Council of Logistics Management* mudou para *Council of Supply Chain Management Professionals* e definiu logística como parte do processo do gerenciamento da cadeia de suprimento.

Figura 2: Ciclo de Vida e suas Interações com o Meio Ambiente: um exemplo



Fonte: elaboração própria.

Um modelo de gestão baseado no conceito de ciclo de vida, por definição, aplica-se à cadeia de suprimento e, portanto, é um modelo de gestão da cadeia de suprimento com foco no cuidado com o meio ambiente. Esse tipo de cadeia tem recebido diversas denominações, como cadeia de suprimento verde (*green supply chain*), por exemplo. Não é objeto desse trabalho discutir as diferentes denominações, apenas vale ressaltar que nesse tipo de gestão também ocorrem diversas interpretações à semelhança da cadeia de suprimento convencional,

como mostrado há pouco. Para distinguir a gestão da cadeia de suprimento convencional da que considera os impactos no meio ambiente ao longo ciclo de vida, será denominada nesse trabalho de cadeia de suprimento orientada pelo ciclo de vida. A gestão da cadeia de suprimento que leva em conta o ciclo de vida do produto requer conhecimentos quantificados sobre os impactos ambientais pontualmente localizados nas diversas etapas da cadeia para orientar decisões sobre produtos e processos que serão implementadas por diferentes instrumentos de gestão. O que não é tarefa fácil. Em 2002, a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) criaram uma iniciativa voluntária (*Life Cycle Initiative*) para estimular e difundir ferramentas práticas para avaliar oportunidades, riscos e compensações associados aos produtos e serviços durante todas as etapas do ciclo de vida. Essa iniciativa criou a Associação Internacional do Ciclo de Vida, de adesão voluntária que desenvolve três programas: (1) gestão do ciclo de vida, (2) inventário do ciclo de vida e (3) avaliação do impacto do ciclo de vida (UNEP, 2007). A AVC é um dos vários instrumentos para a gestão do ciclo de vida, assunto que será comentado logo mais.

Os conhecimentos sobre os fluxos de materiais e energia ao longo de cada etapa e dos impactos ambientais relacionados permitem às empresas de uma dada cadeia de suprimento desencadear ações práticas em diversas áreas da administração com o objetivo de reduzir ou eliminar impactos adversos atuais relacionados com os produtos e serviços existentes, bem como para agir preventivamente em relação às inovações. Como tais ações são realizadas em diversas áreas da empresa, e mesmo fora dela, com diferentes enfoques, mas com objetivos comuns, elas devem ser orientadas por um modelo de gestão global baseado na idéia de ciclo de vida (*life cycle thinking*), conforme recomenda um documento da SETAC; PNUMA (2007, pg.13), mediante a aplicação dos seguintes princípios ou filosofia de gestão:

1. repensar (*rethinking*) os produtos e suas funções, por exemplo, para que possam ser usados de modo mais eficiente do ponto de vista ambiental;
2. projetar os produtos para facilitar a sua manutenção e reparo (*repair*);
3. projetar os produtos para facilitar o desmanche e reutilizar peças (*reuse*);
4. reduzir (*reduce*) o consumo de energia, materiais e impactos socioambientais ao longo do ciclo de vida;
5. coletar materiais para serem reciclados (*recycle*) e, com isso, reduzir a pressão sobre os estoques de recursos naturais; e
6. substituir (*replace*) substâncias perigosas e tóxicas por outras amigáveis ao meio ambiente físico, biológico e social.

Esses princípios são conhecidos por 6 Rs, pois na língua inglesa cada um refere-se a um termo que se inicia com a letra r. A abordagem convencional do gerenciamento da cadeia logística enfatiza as ações que gerem uma integração eficiente entre fornecedores, fabricantes, distribuidores, varejistas e outros membros da cadeia para minimizar os custos totais da cadeia ao mesmo tempo em que proporcionam aos usuários ou consumidores finais um elevado nível de serviço (SIMCHI-LEVI et al, 2003, p. 27-29). Uma cadeia de suprimento orientada pelo ciclo de vida é aquela na qual as ações para gerenciá-la levam em conta o pensamento baseado no conceito de ciclo de vida (*life cycle thinking*) e faz uso sistemático de instrumentos de gestão decorrentes desse pensamento. Dentre estes, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é considerado um dos mais importantes, por ser o que permite de fato conhecer os impactos ambientais do produto ou serviço ao longo da cadeia de suprimento.

Avaliação do Ciclo de Vida

A origem da ACV é controvertida. Há quem afirme que a primeira experiência com esse instrumento de gestão foi um estudo encomendado pela Coca-Cola no final da década de 1960 (FULLANA; PUIG, 1997, p. 17). Esse estudo foi realizado por uma empresa de consultoria denominada *Midwest Research Institute*, que recebeu o nome de Análise de Recursos e Perfil Ambiental (REPA, do inglês, *Resource and Environmental Profile Analysis*), com o objetivo de comparar diferentes tipos de vasilhames para selecionar o que requeria menor quantidade de recursos e menor liberação de poluentes. O estudo não foi publicado, só há notícias de que foi feito. Essa empresa, atualmente *Franklin Associates*, continuou fazendo estudos desse tipo e popularizou a REPA que ainda é o nome usado por muitas instituições, como a *American Fiber Manufacturers Association*, para indicar estudos de ACV. A REPA é um estudo baseado no levantamento quantificado dos recursos usados e da poluição gerada nas diferentes fases do ciclo de vida de um produto. Posteriormente esse método foi aperfeiçoado, podendo-se dizer que a REPA é a origem da moderna metodologia da ACV.

Entre as organizações que deram contribuições importantes para consolidar esse instrumento de gestão ambiental merecem destaques a agência norte-americana de proteção ambiental (USEPA), diversos órgãos ambientais europeus e instituições de pesquisas de várias partes do mundo, como é caso do Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA) no Brasil. Porém, foi a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), criada em 1979, que teve um papel decisivo no aperfeiçoamento da ACV, bem como da sua divulgação, criando as bases para a construção de metodologias padronizadas de uso universal. Posteriormente, como se verá com mais detalhes oportunamente, a *International Organization for Standardization* (ISO) elaborou diversas normas internacionais sobre ACV, constituindo a mais importante fonte de padronização desse instrumento do ponto de vista processual, sendo que a primeira norma ficou pronta em 1997.

A ACV é um instrumento de gestão ambiental que se aplica a um produto ou serviço específicos ou a um conjunto de produtos e serviços próximos substitutos de uma dada empresa. ACV é usada para identificar aspectos ambientais no nível do produto para determinar as áreas-alvo de melhorias ambientais com vista ao novo produto (por exemplo, reciclabilidade ou redução de consumo), no nível dos componentes para auxiliar a seleção de materiais e fornecedores e como uma ferramenta de *benchmarking* para demonstrar a evolução do produto em termos ambientais (DONNELLY et al., p. 1.359). Conforme Tsoulfas; Pappis (2006; p.1.595), a ACV pode ser visto como um método pelo qual a energia, os materiais consumidos e os diferentes tipos de emissões relacionados a um produto específico são mensurados, analisados e atribuído ao ciclo de vida completo desde um ponto de vista ambiental. Para esses autores são duas as abordagens de ACV mais frequentes: uma abordagem baseia-se em modelo do processo detalhado com as emissões e resíduos correspondentes; e a outra, na contabilização econômica das entradas e saídas usada em modelos que descrevem os fluxos intersetoriais em termos econômicos. O caso relatado nesse texto segue a primeira abordagem. E não é exagero afirmar que essa é a abordagem que em geral se tem em mente ao se referir a esse instrumento de gestão ambiental, pois quantificar o consumo de materiais e energia e o lançamento de poluentes, localizando-os nas diversas etapas da cadeia, permite agir corretivamente em relação aos processos e produtos existentes e preventivamente revendo os processos e produtos para torná-los mais amigáveis ao meio ambiente. Por isso, a ACV é parte integrante de modelos de gestão ambiental centrados no projeto do produto, tais como Design for Environment ou Eco-design e Ecologia Industrial,

como mostram Graedel;Allenby (1995), Fiksel (1997), Culaba;Purvis (1999), Nielsen;Wenzel (2001) e Donnelly et al (2006), entre outros. Mas não são somente estes, os modelos de gestão ambiental centrados na produção, como o modelo produção mais limpa (P+L), se beneficiam da ACV, pois fornece informações valiosas para ações corretiva e preventiva.

Normas Internacionais sobre ACV

A proliferação de conceitos e métodos adotados por entidades e governos sobre a ACV gera confusão para os que pretendem usar esse instrumento. Avaliações feitas segundo critérios diferentes chegam a conclusões diferentes sobre os impactos ambientais de um mesmo produto, confundindo o público e lançando desconfianças quanto a esse instrumento de gestão ambiental. As organizações que atuam ou pretendem atuar em mais de um mercado podem se deparar com a necessidade de usar mais de um método por solicitação dos importadores, o que eleva os custos, podendo até inviabilizar negócios. O problema mais grave é a possibilidade do uso deliberadamente incorreto da ACV para apregoar vantagens ambientais inexistentes nos produtos de uma empresa. Com efeito, uma empresa ou uma associação de empresas de um setor pode encomendar uma ACV de cartas marcadas para valorizar o seu produto em detrimento de outros substitutos próximos para ganhar mercado aproveitando-se do prestígio que as questões ambientais adquiriram ao longo dessas últimas décadas. Daí a preocupação da *International Organization for Standardization* (ISO) em estabelecer conceitos, diretrizes e requisitos que tornem a ACV um instrumento com credibilidade e que não seja usado como uma barreira disfarçada ao comércio internacional.

Assim, o Comitê 207 da ISO sobre gestão ambiental criou o Subcomitê 05 (TC 207/SC 05) para tratar especificamente da ACV enquanto instrumento de gestão e que já produziu uma série de normas internacionais resumidas no Quadro 1. Algumas delas já foram substituídas, como mostrado no quadro, pois toda norma ISO sofre um processo de revisão periódico, como mostra um documento da ISO (ISO 2005, p. 11). Todas as normas citadas nesse quadro foram criadas especificamente para orientar a ACV, exceto o relatório técnico ISO TR 14062:2006 que objetiva fornecer conceitos e práticas para integrar aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos. Com efeito, a ACV é uma fonte importante de novas idéias para melhorar o desempenho dos produtos e processos atuais e para projetar novos com desempenho ainda melhores.

A norma ISO 14040:2006 define ciclo de vida como estágios consecutivos e interligados de um sistema de produto, desde a aquisição de matérias-primas ou a sua obtenção a partir de recursos naturais até a disposição final (definição 3.1). E a ACV é compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida (definição 3.28). Sistema de produto é conjunto de processos é um conjunto de unidades de processos elementares conectadas por fluxos de materiais que realiza uma ou mais funções definidas, conforme exemplificado pela Figura 6. A descrição de um sistema de produto inclui processos e fluxos elementares, fluxos de produtos que atravessam a fronteira do sistema, ou seja, são entradas e saídas do sistema e fluxos de produtos intermediários dentro do sistema. Radiação solar e petróleo cru que entram em processos elementares são exemplos de fluxos elementares; as emissões de gases para atmosfera e de efluentes para os corpos d'água são exemplos de fluxos elementares que saem de processos elementares. Os processos elementares ou unitários são ligados por fluxos intermediários, por exemplo, os produtos semi processados e componentes que transitam dentro das fronteiras do sistema como se vê na Figura 7. A definição da fronteira de um

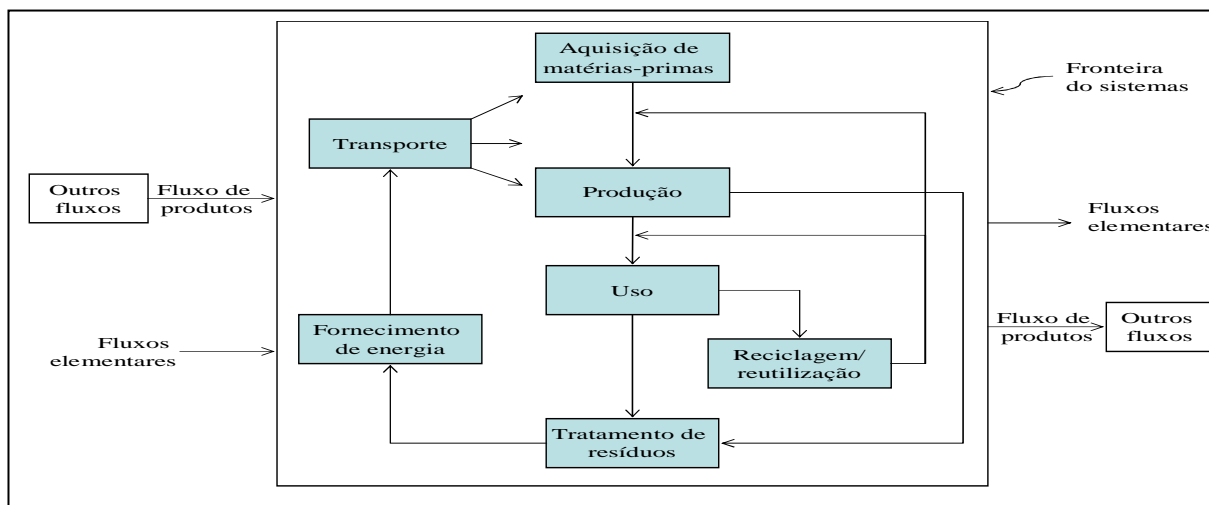
sistema de produto é uma questão crucial de uma ACV, pois ela condiciona os resultados e, portanto, as interpretações decorrentes.

Quadro 1: Normas sobre ACV produzidas pelo TC 207/SC 05

No da Norma:ano	Título	Descrição
ISO 14040: 2006	Avaliação do ciclo de vida — princípios e estruturas	Proporciona os elementos gerais e metodologias requeridas para uma ACV de produtos e serviços.
ISO 14041:1998	Avaliação do ciclo de vida — objetivos e escopo, definições e análise de inventários	Guia para determinar as metas e o escopo de um estudo de ACV e para o inventário de LCA. Substituída pela ISO 14044:2006
ISO 14042:2000	Avaliação do ciclo de vida — avaliação de impacto do ciclo de vida	Guia para a fase de avaliação de impacto de um estudo de ACV. Substituída pela ISO 14044:2006
ISO 14043:2000	Avaliação do ciclo de vida — interpretação do ciclo de vida	Proporciona guia para interpretar os resultados de um estudo de ACV. Substituída pela ISO 14044:2006
ISO 14044: 2006	Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – requerimentos e diretrizes	Especifica requisitos e proporciona um guia para a avaliação do ciclo de vida, incluindo exemplos. Incorpora os temas tratados nas normas ISO 14041, 14042 e 14043.
ISO TS 14048:2002	Avaliação do ciclo de vida - informações sobre apresentação de dados para um estudo de avaliação do ciclo de vida	Proporciona informação sobre o formato dos dados para suporte de uma ACV.
ISO TR 14049:2000	Avaliação do ciclo de vida – Exemplos para aplicação da norma ISO 14.041	Ilustra com exemplos como aplicar as normas ISO 14041.
ISO TR 14062:2002	Gestão ambiental - Integração dos aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos — exigências e diretrizes	Descreve conceitos e práticas usadas para integrar aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos e serviços.
ISO TR 14047:2003	Avaliação do ciclo de vida – Exemplos para aplicação da norma ISO 14.042	Ilustra com exemplos como aplicar a norma ISO 14042.

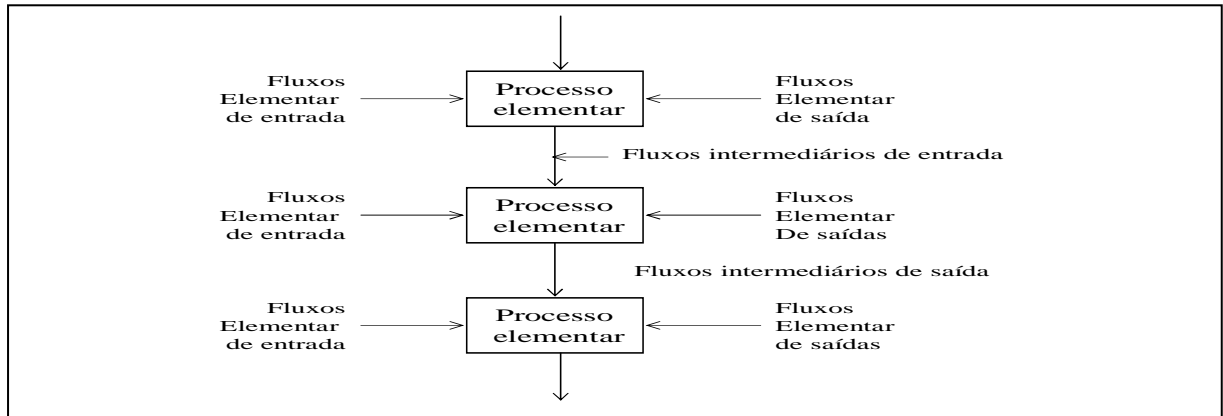
Fonte: elaboração própria com base nas normas citadas.

Figura 6. Sistema de Produto: exemplo



Fonte: ISO 14040:2006, seção 4.4.

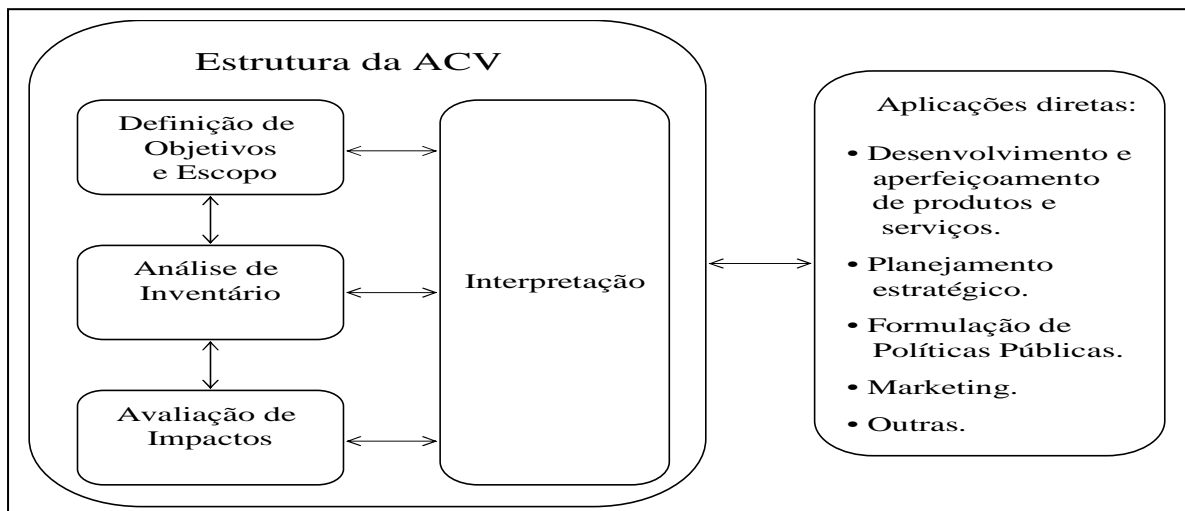
Figura 7: Unidades de processo de um sistema de produto: exemplo



Fonte: ISO 14040:2006, seção 4.4.

A estrutura da ACV, conforme a norma ISO 14040:2006, é composta por quatro fases inter-relacionadas como mostra a Figura 8. Note que entre as aplicações diretas da ACV está o desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos e serviço, o que remete às busca por inovações que tragam resultados para a organização e para o meio ambiente, simultaneamente. Por exemplo, a redução da poluição na fonte, ou seja, antes de ser gerada e se transformar em problema para o meio ambiente e para a empresa, também significa aumento da produtividade para a empresa pela melhor utilização dos insumos produtivos adquiridos. A redução dos passivos ambientais proporcionado pela eliminação de fontes de problemas ambientais é outro resultado positivo que as empresas podem colher com as idéias que surgem da ACV. Os resultados intermediários mostram pontos de consumo e de emissões localizados e quantificados, servindo para empreender melhorias por meio de ações específicas nesses pontos. A ACV também apresenta dados relativos globais sobre todos os impactos especificados por categoria de recursos usados, tal como consumo de água e energia, e substancia lançada ao meio ambiente, por exemplo, dióxido de carbono, metano, óxidos de enxofre etc. Os resultados em dados agregados permitem fazer comparações entre dois ou mais produtos do ponto de vista dos impactos que eles geram no meio ambiente. O estudo que será apresentado a seguir é desse tipo, ou seja, utiliza as quantificações totalizadas ao longo da cadeia para efeito de comparação entre produtos que disputam o mesmo mercado.

Figura 8: Fases da ACV



Fonte: ISO 14040:2006, seção 4.2.3.

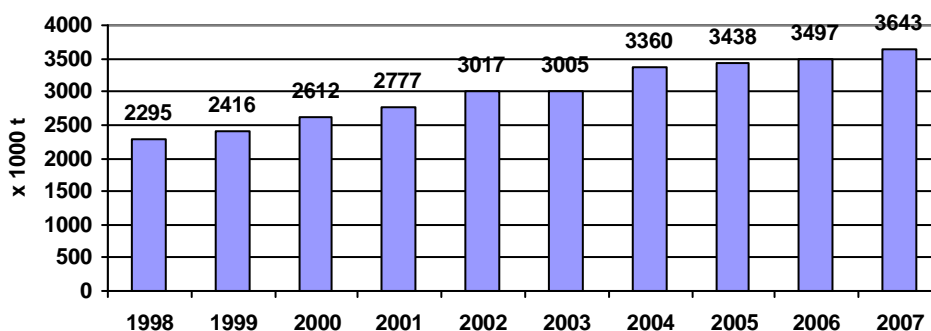
Exemplo de Aplicação da ACV - O papel reciclado

Um tema recorrente na perspectiva do desenvolvimento sustentável é a reciclagem de materiais usados, muito embora, as visões sobre o tema sejam conflitantes. Para alguns a reciclagem aparece como uma forma de solucionar o problema da poluição ambiental, com algum eufemismo vê-se aí uma possibilidade de reciclar “o próprio capitalismo”, como é a visão de Horton (1995) e Vilhena (2009), para quem “a reciclagem é mola propulsora deste novo processo, pois o conceito abrange diversos aspectos técnicos, econômicos e sociais da relação homem x meio Ambiente”. Outros autores, mais céticos, entendem a reciclagem como a absorção indevida das externalidades negativas (rejeitos e resíduos da atividade produtiva) pela sociedade como é o caso de Mainon (1992) e Montibeller-Filho (2008). As críticas mais importantes são as que questionam o papel da reciclagem como uma pomada milagrosa para os males causados pela degradação ambiental, bem como o efeito sedativo sobre a consciência das pessoas a respeito do consumo desenfreado das parcelas ricas da sociedade. A reciclagem é um dos princípios do pensamento baseado no ciclo de vida, como mostrado anteriormente. É um processo pelo qual os materiais usados e recuperados retornam ao processo produtivo reduzindo a necessidade de extração de materiais originais do meio ambiente. A reciclagem, como todo processo produtivo, gera problemas ambientais se não for feito adequadamente.

Apesar do debate sobre os benefícios ou malefícios da reciclagem, um fato inquestionável é que essa prática avança no Brasil como mostram os dados do Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE) sobre a quantidade de municípios com coleta seletiva no Brasil, que passou de 91 em 1984 para 405 em 2008 já atingindo 26 milhões de brasileiros. Em peso, a composição da coleta seletiva no Brasil mostra que 39% é devido ao papel e papelão, seguidos do plástico com 22% (CEMPRE, 2008). Não é por outra razão que o papel e o papelão são elementos fundamentais na discussão sobre a reciclagem no Brasil.

A Figura 9 mostra a evolução histórica do consumo de aparas e papéis usados no Brasil. No caso do papelão, 79,5% do volume total consumido no Brasil em 2007 foi reciclado. Em 1992 essa taxa era de 68,2%, saltou para 71,6% em 1997, passou para 77,3% em 2002 e atingiu seu melhor índice em 2007, 79,5%. Já no caso do papel de escritório, 38,1% do que circulou no País em 2007 retornou à produção através da reciclagem. Esse índice corresponde aproximadamente 817 mil toneladas de papel de escritório.

Figura 9: Consumo de Aparas e Papéis Usados no Brasil



Fonte: BRACELPA (2008).

Como mostrado, o nível de reciclagem em papéis de escritório é menor que o de papelão e o motivo de tal diferença é o fato de que o papelão pode ser usado diretamente como matéria-prima para a fabricação de papel-cartão cujos requisitos para a fabricação de embalagens não são tão restritivos quanto os necessários para papéis de impressão e escrita (IE). Sutjipto et al. (2008) lembram que fabricação de papel reciclado não é uma tecnologia nova. Já em 1826, na unidade industrial de Neckinger, Estado Unidos, Matthias Koops fabricou papel de IE com base em polpa vinda de aparas. Mas só no final dos anos 1980 é que, devido ao alto custo de manutenção dos aterros, a indústria papelreira foi pressionada para olhar a reciclagem como um negócio e não como uma mera curiosidade.

Além disso, a fabricação de papéis reciclados para IE suscita uma discussão técnica sobre os reais benefícios que trazem a reciclagem para o meio ambiente. O centro da discussão ambiental está na necessidade de despigmentar os papéis coletados pós-consumo antes de usá-los como matéria-prima, já que os pigmentos de tintas agem como contaminantes durante o processo de formação da folha de papel. Isso levou que estudiosos como Körkkö et al (2008) a alertar para o fato de que a despigmentação gera efluentes mais tóxicos que o próprio processo de fabricação de papéis IE.

A discussão sobre as vantagens ambientais do papel reciclado, em geral, cai no mesmo equívoco de diversas comparações sobre impactos ambientais, ou seja, baseia-se em aspectos isolados e não levam em conta o ciclo de vida completo do produto. Por exemplo, o caso dos sanitários dos Shoppings Centers onde as toalhas de papel foram substituídas por incômodos aquecedores elétricos sob o argumento ambiental que poupam árvores. O argumento baseia-se num fato questionável, já que a indústria nacional só usa árvores plantadas e manejadas para esse fim, melhor se argumentasse que poupa áreas para plantar árvores que de outro modo estariam sendo usadas para produzir alimentos. A decisão sob a ótica ambiental não pode se basear em um único dado, esquecendo-se, só para citar, de todas as árvores cortadas para a formação de barragens necessárias para a geração de energia a partir de hidroelétricas ou a quantidade de combustível fóssil usada em termoelétricas. Daí a importância da ACV para quantificar os impactos na cadeia inteira, evitando-se que decisões se baseiem em dados isolados e, portanto, incompletos.

Características do estudo

Para entender os impactos do papel reciclado de forma completa, a Suzano Papel e Celulose S.A. efetuou uma ACV dos seus papéis fabricados na unidade de Rio Verde, em São Paulo com base nas normas da série ISO 14040. O papel Reciclato foi o primeiro papel 100% reciclado fabricado no Brasil para IE, sendo aproximadamente 25% de reciclado pós-consumo, ou seja, material coletado que teria como destino o lixo urbano e 75% material obtido na produção de papel de outras unidades industriais da empresa. O processo de industrialização é basicamente o mesmo. A diferença reside na composição fibrosa dos produtos. Enquanto o papel comum de IE tem uma composição de 80 a 85% fibra de celulose virgem e 15 a 20% de carga mineral, o papel Reciclato é composto de 100% fibras de celulose reciclada e a carga mineral presente é proveniente do próprio material reciclado, sem outras adições.

O escopo de aplicação da técnica de ACV para o papel Alta Alvura, doravante denominada de “AAA”, e o Reciclato, ambos produzidos pela Suzano Papel e Celulose, compreendeu uma abordagem do tipo berço ao túmulo (*cradle to grave*). Note que a determinação do escopo, uma das fases da ACV como mostrado na Figura 8, é o próprio

conceito de ciclo de vida, conforme discutido anteriormente. Por conta disso, estão contempladas no estudo todas as etapas do ciclo de vida desses produtos, desde a extração de recursos naturais até a disposição deste após sua função ter sido esgotada, passando pelas etapas intermediárias de manufatura e uso. Os transportes de insumos e produtos foram igualmente objeto de avaliação desta iniciativa.

A Avaliação de Impactos Ambientais foi conduzida segundo modelo Eco Indicator 99 – versão Igualitária. Por conta disso, como produto dos cálculos realizados foi gerado um único indicador, medido em unidade mPt (milipoints). O modelo em questão se baseia na ponderação, por meio de aplicação de fatores de impacto agrupados em três categorias: Saúde Humana, Qualidade Ambiental e Consumo de Recursos.

A categoria Saúde Humana é formada, por sua parte, das seguintes subcategorias: agentes carcinogênicos, agentes orgânicos de efeito sobre as vias respiratórias, agentes inorgânicos de efeito sobre as vias respiratórias, mudanças climáticas, radiação ionizante e depleção de camada de ozônio. As subcategorias de Qualidade Ambiental são constituídas por acidificação e uso do solo e ecotoxicidade, enquanto que Consumo de Recursos é formada pelas subcategorias: consumo de recursos minerais e consumo de combustíveis fósseis.

Na ausência de dados diretos do processo utilizou-se a base de dados contida no programa computacional SimaPro 5 – versão Analyst 5.1.002, usadas para complementar o modelo dentro dos contornos em que foi estabelecido. O desempenho ambiental do papel AAA apresentou, em uma comparação direta com produtos que desempenham a mesma função, cujos bancos de dados consolidados estavam disponíveis nesse programa computacional, desempenho bastante favorável. Os resultados do papel AAA foram comparados com os papéis Paper Wood-free U B250, de origem Holandesa; Paper Bleaching ETH U cujo banco de dados representa a média do desempenho das indústrias de produção de papel da Suíça; e o Paper Bleached B, o qual traz a média europeia desse segmento. Note-se que o papel AAA apresenta resultados significativamente melhores que os similares estrangeiros conforme ilustra a Tabela 1.

Tabela 1: Papel branco AAA vs. Similares (em mPt)

Produto	Saúde Humana	Qualidade Ambiental	Consumo de Recursos	Total
Paper Wood-free U B250	25,20	2,49	40,70	68,40
Paper Bleaching ETH U	47,10	8,05	38,60	93,70
Paper Bleached B	52,70	3,44	15,00	71,10
Papel AAA	41,00	4,19	4,78	49,90

Fonte: SUZANO PAPEL E CELULOSE (2008)

Já o papel Reciclato foi comparado com o papel Recycling Paper B, que traz a média europeia desse segmento; com o Recycling Paper D B250 (1998), que retrata a média das indústrias da Alemanha no ano de 1998; e Recycling Paper ND que faz o mesmo para o segmento na Holanda. Os resultados são aparecem indicados na Tabela 2.

Tabela 2: Papel Reciclato vs. Similares (em mPt)

Produto	Saúde Humana	Qualidade Ambiental	Consumo de Recursos	Total
Recycling Paper B	21,10	1,52	4,82	27,40
Recycling Paper D B250	14,70	1,75	14,40	30,80
Recycling Paper ND	6,77	0,62	31,70	39,10
Papel RECICLATO	17,30	2,11	1,35	20,80

Fonte: SUZANO PAPEL E CELULOSE (2008)

Com relação à comparação direta entre o AAA e o Reciclato convém comentar as seguintes considerações. É fato notório que o papel reciclado possui menor impacto no consumo de recursos naturais, na medida em que são abatidos todo o processo de fabricação das aparas e do material pós-consumo da sua fabricação, além disso, a redução do uso de aterros é significativa. Por outro lado, deve-se considerar o efeito benéfico do papel AAA sobre o efeito estufa, haja vista que a produção de papel e celulose na indústria brasileira emite 21 milhões de toneladas de CO₂ por ano em suas 220 fábricas. Em compensação a sua absorção por meio do crescimento das suas plantações chega a 63 milhões de toneladas de CO₂ (1,7 milhões de hectares). Enfim, a escolha entre o papel AAA e o papel reciclado é uma decisão estratégica do cliente, função do seu porte e nível de impactos, as duas opções são ambientalmente melhores que o material importado, como mostram as tabelas citadas. Além disso, é preciso aceitar o argumento de que só existem aparas enquanto houver papel virgem sendo produzido. O papel não pode ser reciclado *ad infinitum* como aço, alumínio, cobre e outros metais.

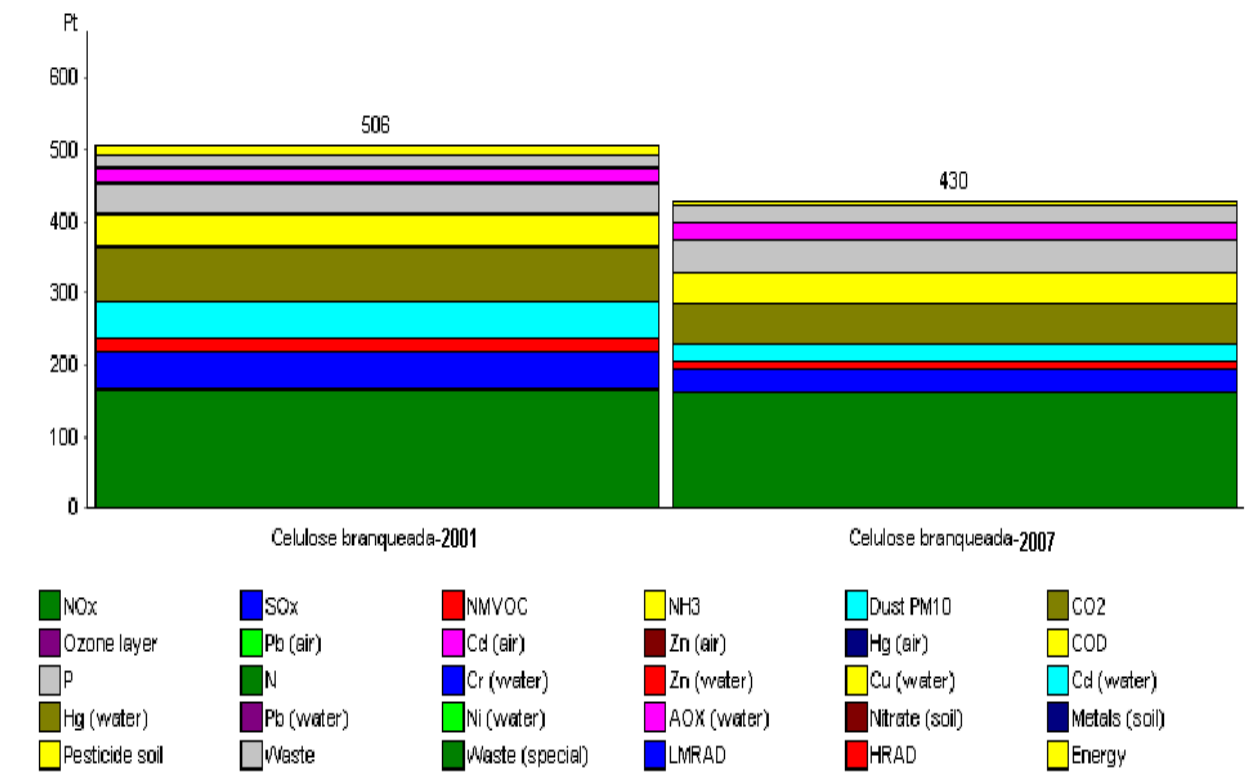
A análise do ciclo de vida também pode ser utilizada para o acompanhamento da melhoria contínua do desempenho ambiental e da prevenção da poluição. A Figura 10 ilustra a melhoria do desempenho ambiental a partir de melhorias tecnológicas nos precipitadores eletrostáticos e mudanças na matriz energética da unidade operacional da Suzano Papel e Celulose. Note-se que houve uma redução no nível de material particulado e emissão de óxidos de enxofre (SO_x), provenientes da queima de óleo combustível, a partir de melhorias no processo que resultaram na redução de 15,02% no impacto ambiental total para a fabricação de celulose branqueada.

Considerações Finais

A gestão ambiental afinada com o movimento do desenvolvimento sustentável busca cada vez mais ampliar a sua ação atendendo a necessidade imperiosa de enfrentar os graves problemas socioambientais que se agravaram nos últimos anos. A perspectiva da cadeia de suprimento, e não da empresa isoladamente considerada, se apresenta como uma linha de frente da gestão ambiental, de forma análoga que na gestão convencional, a gestão da cadeia de suprimento ocupa cada vez mais lugar de destaque. Essa perspectiva é operacionalizada pelo conceito de ciclo de vida, entendido conforme a expressão “do berço ao túmulo”, o berço sendo o meio ambiente como fonte de recursos naturais, e túmulo, o meio ambiente como receptáculo dos resíduos dos processos de produção e consumo. Para isso, é necessário desenvolver instrumentos que possam identificar e quantificar os impactos ambientais ao longo da cadeia, o que vale dizer, as etapas envolvidas no processo de produção, distribuição

e uso, bem como as etapas dos fluxos reversos associados à recuperação de materiais processados ou usados para utilizá-los novamente.

Figura 10: Comparativa ACV para produção de celulose branqueada 2001-2007



Comparing 1 kg material 'Celulose branqueada-2001' with 1 kg material 'Celulose branqueada-2007' method: Ecopoints 97 (CH) / Ecopoints / single score
Fonte: Suzano Papel e Celulose (2008).

Um desses instrumentos é a ACV que já está com quase 50 anos de idade, caso o seu nascimento seja o famoso estudo da Coca-Cola, conforme mencionado nesse texto. Muitos aperfeiçoamentos foram feitos com destaque para as contribuições da SETAC e do PNUMA. Em meados da década de 1.980 a ACV foi considerado um instrumento de política pública ambiental da Comunidade Européia. Em função disso, várias grandes empresas com unidades na Europa, tais como Ciba, Electricite de France, Procter & Gamble, Unilever etc, criaram em 1992 a Sociedade para a Promoção do Desenvolvimento da ACV, conhecida pela sigla SPOLD (do inglês: *Society for Promotion of Life-cycle Assessment Development*) que entre outras contribuições produz vários estudos para melhorar o instrumento e publica diversos guias para orientar as empresas quanto ao seu uso. Mas recentemente, a SETAC e o PNUMA criaram uma associação internacional com objetivo de desenvolver e difundir instrumentos de gestão ambiental que levem em todas as etapas do ciclo de vida.

Apesar de tantos avanços e de tantas iniciativas, a gestão baseada no ciclo de vida e seus instrumentos, como a ACV, ainda são pouco utilizados e em geral apenas pelas grandes empresas. Em parte isso se deve ao fato de que os instrumentos que contemplam todas as etapas do ciclo de vida são mais complexos dos que os aplicáveis a uma etapa ou uma empresa, como a auditoria ambiental, por exemplo, que pode ser ajustada para um empresa, uma unidade da empresa ou um local específico. Em parte se deve a necessidade de articulações entre os diversos membros da cadeia e da formação de bancos de dados

relacionados com os aspectos e impactos ambientais. O estudo relatado usou bancos de dados confiáveis e programas computacionais sofisticados. Atualmente há diversos programas disponíveis a preços descendentes. Porém, o gargalo parece estar na disponibilidade de pessoas com formação em estudos específicos como a ACV, e na visão dos gestores para adotar modelos de gestão que considerem os seis princípios do pensamento baseado no ciclo de vida, comentados nesse texto e conhecidos por 6Rs.

Referências Bibliográficas

- BRACELPA. Relatório anual. 2008. São Paulo:Bracelpa, 2008.
- CHOPRA; S.; MEINDL. Gerenciamento da cadeia de suprimento. S.P: Prentice Hall, 2003.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM – CEMPRE. *Pesquisa Ciclossoft – Radiografando a coleta seletiva*. São Paulo: CEMPRE, 2008.
- CUBALA, A.B.; PURVIS, M.R.I. A methodology for life cycle and sustainability analysis of manufacturing processes. *Journal of Cleaner Production*, 7: 439-335, 1999.
- DANTAS, A.; KERTSNETZKY, J.; PROCHNIK V. Empresa, indústria e mercados. In: KUPFER, D; HASENCLEVER, L. *Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- DONNELLY, K; BECKETT-FURNELL, Z; TRAEGER, S; OKRASINSKI, T; HOLMAN,S. Eco-design implemented through a product-based environmental management system. *Journal of Cleaner Production*, 14: 1357-1367, 2006.
- FIKSEL, J. *Ingeniería de diseño medioambiental*. DEF: desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes. Madrid: McGrawHill, 1997.
- FULLANA, P; PUIG, R. *Análisis del ciclo de vida*. Barcelona, Rubes Editorial, 1997.
- GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B. R. *Industrial ecology*. New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- HORTON, S. Rethinking recycling: the politics of the waste crisis. *Capitalism, nature, socialism*, 6(1), Mar. P. 1-19, 1995.
- INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *Environment management – life cycle assessment: principles an framework*. Genebra, ISO, 01/07/2006.
- INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *My ISO job: guidance for delegates and experts*. Genebra, ISO/ Central Secretariat, 2005.
- KÖRKKO, M; LAITINEM, O; VAHLROOS, S; AMMÄLÄ, A; NIINIMAKI, J. *Components removal in flotation deinking*. Progress in paper recycling, v. 10, n. 4, 2008. Disponível em www.tappi.org/s_tappi/sec_publications, acesso em 17/12/2008.
- MAINON, D. *Ensaio sobre economia do meio ambiente*. Rio de Janeiro: APED/Associação de Pesquisa e Ensino em Ecologia e Desenvolvimento, 1992.
- MENTZER, J.T.; DeWITT, W.; KEEBLER, J.S.; MIN, S.; NIX, N. W.; SMITH, C.D; ZACHARIA, Z.G.. Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, v. 22, n. 2, 2001.
- MONTIBLLER-FILHO, G. *O mito do desenvolvimento sustentável*. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

- NIELSEN, P.H.; WENZEL, H. Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 10: 247-247, 2002.
- SAMPAIO, Mauro. Diferentes Interpretações do Conceito de Supply Chain Management. São Paulo, *Revista Global*, fevereiro, 2007.
- SIMCHI-LEVI, D; KAMINSKY, P; SIMCHI-LEVI, E. *Cadeia de suprimentos: projeto e gestão*. Porto Alegre, Bookman, 2003.
- SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY (SETAC); UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM (UNEP). *Por qué adoptar un enfoque de ciclo de vida*. Genebra: SETAC e PNUD, 2007.
- SUTJIPTO E.R.; LI, K; PONGPATTANASUEGSA, S; NAZHAD, M.N. *Effect of recycling on paper properties*. Technical articles. Technical association of pulp and paper industry of southern africa. Disponível em www.tappsa.co.za. Acesso em 20/02/2009.
- SUZANO PAPEL E CELULOSE. Relatório Projeto Análise de Ciclo de Vida._Relatórios internos. Departamento de Competividade e Estratégia Operacional. São Paulo, Suzano, 2008.
- TSOULFAS, G.T.; PAPPIS, C.P.. Environmental principles applicable to supply chains design and operation. *Journal of Cleaner Production*, 14: 1593-1602, 2006.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM (UNEP). *Life cycle management: a business guide to sustainability*. Genebra, UNEP, 2007.
- VILHENA, A. Reciclagem: compromissos e benefícios. São Paulo: CEMPRE. Disponível em <http://www.cempre.org.br/compromisso_beneficios.php> Acesso em 28.fev.2009.