

2205

TEXTO PARA DISCUSSÃO

A AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA PARA A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL

Osmar Coelho Filho
Nilo Luiz Saccaro Junior
Gustavo Luedemann



A AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA PARA A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL

Osmar Coelho Filho¹
Nilo Luiz Saccaro Junior²
Gustavo Luedemann³

1. Pesquisador assistente e bolsista da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea.
2. Técnico de planejamento e pesquisa da Dirur do Ipea.
3. Técnico de planejamento e pesquisa da Dirur do Ipea.

Governo Federal

Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
Ministro interino Dyogo Henrique de Oliveira

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Ernesto Lozardo

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Alexandre dos Santos Cunha

**Diretor de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia, Substituto**

Antonio Ernesto Lassance de Albuquerque Junior

**Diretor de Estudos e Políticas
Macroeconômicas**

Mathias Jourdain de Alencastro

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais**

Marco Aurélio Costa

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

Fernanda De Negri

Diretor de Estudos e Políticas Sociais, Substituto

José Aparecido Carlos Ribeiro

**Diretor de Estudos e Relações Econômicas
e Políticas Internacionais, Substituto**

Cláudio Hamilton Matos dos Santos

Chefe de Gabinete, Substituto

Márcio Simão

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação

João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2016

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica
Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: Q01.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	7
2 METODOLOGIA.....	18
3 RESULTADOS.....	20
4 DISCUSSÃO	39
5 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	46
APÊNDICE	50
ANEXO	51

SINOPSE

A avaliação do ciclo de vida (ACV) tem sido utilizada em todo o mundo para orientar ações de melhoria de desempenho e inovação em sistemas de produção, visando sua sustentabilidade ambiental. Entretanto, mesmo com a ampla disseminação da ACV no cenário internacional, a ferramenta ainda é pouco difundida e aplicada no Brasil. Esta pesquisa se dedicou a analisar as etapas de construção da ACV, seu potencial de aplicação em diferentes setores da economia e as condicionantes para seu uso em políticas públicas no Brasil. A metodologia de pressão-estado-resposta foi utilizada para avaliar os fatores de pressão e cenários futuros para a utilização da ACV no país, incluindo a governança da informação necessária à implementação. Foi realizado um questionário semiaberto, baseado na análise de literatura sobre o tema, com *stakeholders* representativos da academia, do setor público e do setor produtivo. A percepção dos *stakeholders* indicou a ACV como uma tendência do mercado internacional, vista como o paradigma para o *ecodesign* de produtos e processos, o que impulsiona cada vez mais sua popularização entre os agentes privados, embora seu custo ainda seja proibitivo para médias e pequenas empresas. Novas abordagens nacionais para a implantação da ACV (modular e escalonada) foram propostas para contornar este problema, permitindo que esta possa ser encarada não apenas como instrumento de comando e controle da política ambiental, mas também como ferramenta para a gestão da inovação. O avanço da tecnologia da informação (TI) e a convergência de bancos de dado foram apontados como relevantes, capazes de acelerar a implementação de abordagens de ACV adaptadas a diferentes setores econômicos. Há certo consenso de que a utilização da ACV na construção e na avaliação de políticas públicas requer uma etapa prévia de disseminação do pensamento de ciclo de vida (PCV) entre os *stakeholders*. A principal conclusão é que a ACV pode representar um papel importante na busca da sustentabilidade ambiental no Brasil, em um contexto de desafios climáticos e ambientais que afetarão o desempenho dos sistemas de produção.

Palavras-chave: ciclo de vida; políticas públicas; meio ambiente.

ABSTRACT

Life cycle analysis (LCA) has been used worldwide to guide innovation improving performance actions of and in production systems directed to the environmental sustainability. However, even with the wide dissemination of LCA internationally, the tool is still not very well known and applied in Brazil. This research is dedicated to examining the stages

of construction of the LCA, its potential for application in different economy sectors and its use constraints in Brazilian public policies. The methodology Pressure-State-Response was used to assess the Pressure factors and future scenarios for LCA use in the country, including the information governance necessary for its implementation. A half-open questionnaire based on literature review on the topic was applied with representative stakeholders from academia, the public sector and the productive sector. The perception of stakeholders indicated that LCA as an international market trend, seen as the paradigm for the eco-design of products and processes, which boosts its increasingly popularization among private agents, although its cost is still prohibitive for medium and small enterprises. New national approaches to the implementation of the LCA (modular, staged) have been proposed to overcome this problem by allowing LCA to be seen not only as command and control environmental policy instrument but also as a tool for innovation management. The advancement of information technology and databases convergence was identified as relevant for accelerating the LCA approaches implementation adapted to different economic sectors. There is some consensus that LCA use in the public policies construction and evaluation require a preliminary stage of dissemination on Life Cycle Thinking (LCT) among the stakeholders. The main research conclusion is that LCA can play an important role in the pursuit of environmental sustainability in Brazil, in the context of climate and environmental challenges that will affect the production systems performance.

Keywords: life cycle; public policy; environment.

1 INTRODUÇÃO

1.1 O que é ACV?

A avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma ferramenta de gestão criada para computar entradas e saídas de um sistema de produção, com o objetivo de avaliar o desempenho ambiental dos produtos durante as diversas etapas do seu ciclo de vida. Também conhecida como *cradle-to-grave analysis* (análise do berço à sepultura), pode ser efetuada conforme o recorte analisado: *gate to gate*, *gate to grave*, *grave to cradle* (de porta a porta, de porta ao túmulo ou do túmulo ao berço). A ACV é utilizada para identificar quais destes trajetos do ciclo de vida são mais impactantes ao meio ambiente e avalia o custo das mudanças e o correspondente impacto das alterações em um ambiente computacional de simulação. A ACV é uma metodologia para a modelagem de sistemas de produção reconhecida internacionalmente. Ela segue os padrões estabelecidos pelas normas da International Organization for Standardization (ISO) 14040:2006 e 14044:2006 (Lima, 2013).

Sua origem remonta aos estudos do economista Wassily Leontief, através da metodologia de *economic input-output life cycle assessment* (EIO-LCA), lançada na década de 1970 e baseada em seus trabalhos com matrizes insumo-produto de 1930 (CMU, 2015). Com o avanço da computação, em meados dos anos 1990, pesquisadores do Green Design Institute, da Carnegie Mellon University, criaram um ambiente de simulação capaz de decodificar matrizes de grande escala.

Em vários países, a ACV é utilizada em políticas públicas – por exemplo, na Alemanha, ela orienta as cotas obrigatórias de reuso e reciclagem; na França, orienta as certificações da Lei Le Grenelle¹ para todos os produtos industrializados; no México, no Peru e no Chile, seu uso é obrigatório na legislação de biocombustíveis. Neste sentido, há uma possibilidade de que a ACV venha a constituir, em alguns setores do comércio internacional, uma barreira não alfandegária aos produtos brasileiros (Lima, 2013). A lei norte-americana exige a ACV para assegurar que os biocombustíveis tenham 20% menos de emissões (Bardelline, 2011).

1. O sistema francês Le Grenelle é uma metodologia de abordagem de ciclo de vida, primeiramente, aplicado ao setor alimentar e, depois, estendido a todos os setores da indústria francesa. O processo se iniciou em 2007, com a formação de uma parceria entre cinco grandes categorias de *stakeholders*: governo, empresas, sindicatos, universidades e organizações não governamentais (IAM, 2012).

Os principais objetivos da ACV são melhorar o desempenho ambiental dos processos produtivos e auxiliar na criação de produtos sustentáveis (*ecodesign*). Nas políticas públicas, a ACV contribui para a formação de critérios e requisitos de sustentabilidade, além de fornecer base científica para a implementação de normas e regulações ambientais. Contudo, o inventário de ciclo de vida é dependente de um banco de dados robusto em informações sobre insumos e resíduos da produção, seus fluxos de massa e energia e seus impactos ambientais.

O inventário de ciclo de vida (ICV) de um produto é uma matriz representativa do sistema de produção de um produto ou serviço que consome tempo e recursos financeiros para sua construção. Isto se deve à intrincada cadeia de informações a montante e a jusante do produto analisado. Este processo se torna mais simples quando um banco de dados facilita o acesso às informações. Contudo, não existe repositório de dados de ACV com todas as informações sobre determinado ciclo de vida de um produto. Aproximações e o uso de diferentes bases de dados são necessários. As informações da região onde o ciclo de vida do produto se desenrola é crucial para que a ACV seja representativa deste processo. O ICV descreve as tecnologias utilizadas nos processos produtivos, mas, dependendo da gestão e do local de produção, os resultados podem ser diferentes para sistemas de produção similares (John, Pacca e Angulo, 2014).

O Brasil, mesmo tendo uma matriz energética considerada limpa e um nível tecnológico avançado em muitas cadeias produtivas, com produtos competitivos no mercado internacional, pode não ter suas cadeias produtivas bem avaliadas do ponto de vista do desempenho ambiental se comparado com outros países e regiões.

A França instituiu o AgriBalise, desenvolvido pelo Institut National de la Recherche Agronomique (Inra), com o objetivo de gerar ICV para matérias-primas agrícolas. Na Suíça, o Swiss Agricultural Life Cycle Assessment (Salca), criado pela empresa Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), organiza as bases de dados dos produtos agrícolas suíços. Neste sentido, a construção dos ICVs contribui para a reflexão sobre o papel da ACV, com foco direcionado para a melhoria do desempenho ambiental.

Segundo a ISO (2015), a sustentabilidade de produtos, para atender aos processos de compras públicas sustentáveis de acordo com a norma ISO 20400, é comprovada de acordo com três tipos de requerimento: técnico, de desempenho e funcional. O primeiro tipo se refere às características intrínsecas do produto – por exemplo, seu

teor de recicláveis; o segundo tipo diz respeito ao desempenho futuro do produto e às metas de sustentabilidade que ele deveria atingir no seu ciclo de vida – como é o caso da emissão de carbono; e o terceiro tipo se relaciona com a função a qual o produto se destina. Aspectos como durabilidade ou eficiência energética estão aqui representados.

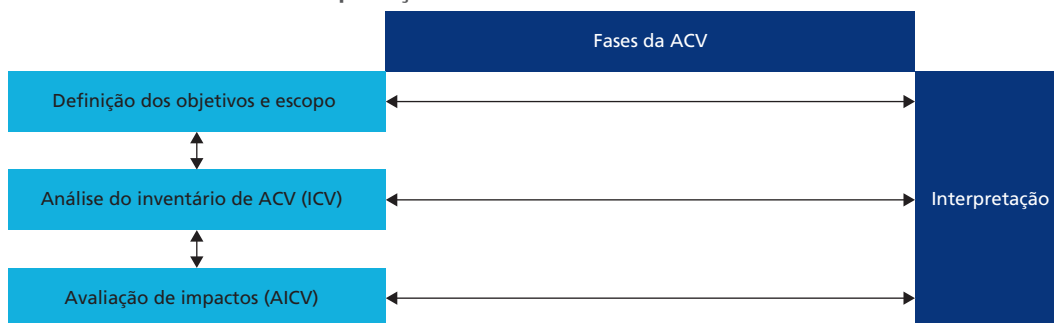
Os aspectos técnicos e funcionais são difíceis de serem expressos com as unidades funcionais de uma matriz insumo-produto. Produtos similares, com diferentes características técnicas e funcionais, podem ser comparados em seu desempenho para a sustentabilidade. Neste sentido, a ACV não busca a padronização dos processos de produção. Sua função é mostrar a localização dos processos produtivos e seus ciclos de vida (*cradle to grave*), em termos de sustentabilidade no uso dos recursos naturais. Assim, é na avaliação de desempenho de entradas e saídas do processo produtivo que a ACV desempenha seu potencial.

1.2 A construção da ACV: escopo, unidade funcional e dimensões de análise

Uma avaliação do ciclo de vida é gerada em quatro etapas (figura 1). A primeira etapa é qualitativa e envolve a determinação dos objetivos da ACV, seu escopo com os limites do sistema analisado no ciclo de vida, suas dimensões de análise ambiental e sua unidade funcional. A segunda etapa é quantitativa, e nela se constrói o ICV. Na terceira etapa, a avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) é realizada relacionando a ICV com as ponderações de impactos ambientais, para cada fluxo de insumo/produto/resíduo do processo produtivo. Estas ponderações gerariam coeficientes técnicos para as doze categorias do International Reference Life Cycle Data System (ILCD) da União Europeia, caso este sistema seja adotado. Estas ponderações estão reunidas em ferramentas de indicadores – por exemplo, o Eco-indicador 99, utilizado pelo *software* GaBi e informado pelo método de dano orientado (EC, 2010). Na quarta etapa, o processo interpretativo relaciona os dados da ICV e da AICV e propõe recomendações de melhoria do processo no escopo determinado da análise. Nesta fase, podem ser propostos indicadores de sustentabilidade para os pontos críticos de vulnerabilidade ambiental (ISO, 2006; 2010).

Na figura 1, tem-se que as setas entre essas fases são de alimentação e retroalimentação, indicando que o processo de construção do ICV, além de ser a base para o AICV, pode modificar o escopo e os objetivos da ACV, impactando assim a fase de interpretação. Neste sentido, temos que o ciclo de construção da ACV pode ter vários ciclos em si mesmo.

FIGURA 1
Fases da ACV e sua interpretação



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2001, com adaptação).

O escopo de um estudo de ciclo de vida relaciona as fronteiras do sistema analisado com os fluxos sob análise e o nível de detalhamento do estudo, bem como sua unidade funcional de referência. No estudo comparativo de ciclo de vida da produção de óleo diesel de alto e baixo teor de enxofre, o escopo contém o fluxograma da produção de diesel e seu hidrotreatamento para reduzir o teor de enxofre. Os limites do sistema analisado não incluem o transporte entre a refinaria e o sistema varejista, atendo-se aos trechos *cradle to gate* e *gate to gate*, ou, simplificada, *cradle to gate* (Martínez-González *et al.*, 2011). O inventário dos fluxos analisados é utilizado para compor a AICV, de acordo com os fatores de emissão presentes na base de dados Ecoinvent. A unidade funcional de referência foi 1 MJ (megajoule) – ou seja, optou-se por uma unidade calorífica que serve a comparações entre combustíveis.

Nos estudos de ciclo de vida comparativos para a produção de concreto com diferentes teores de escória de alto forno e utilizando o cimento Portland, o escopo escolhido foi o *cradle to gate* (berço das matérias-primas ao portão da saída da fábrica), relacionando os sistemas de produção das diferentes misturas de cimento e escórias e suas emissões. A unidade funcional escolhida foi o 1 m³ adaptado aos estudos com cimento e concreto (Gomes, Saad e Silva, 2013).

Os resultados da AICV, feita a partir do inventário de ciclo de vida, devem ser expressos em escala anual. Indicadores de impactos ambientais em base anual ajudam a discernir quais produtos e serviços têm menor impacto ambiental no ambiente analisado, comparativamente a outras análises ambientais (Teehan e Kandlikar, 2013).

A ACV estabelece uma cultura de ciclo de vida. À medida que as empresas de uma cadeia produtiva constroem e compartilham seus dados de ACV, o processo de criação do ICV e sua interpretação ficam mais rápidos. Assim, a ACV representa um esforço coletivo, com resultados coletivos. Uma empresa de móveis, nos Estados Unidos, fez sua primeira ACV em quatro meses. Hoje, essa empresa, após convencer seus fornecedores a utilizar a ferramenta, pode fazer a ACV de um novo produto em menos de uma semana (Bardelline, 2011).

A definição do escopo da análise é um passo fundamental na construção de uma ACV efetiva na orientação de políticas públicas. Este escopo se relaciona com o trecho do ciclo de vida que será analisado, seus limites e suas características (*cradle to grave, grave to cradle* etc.). Outro aspecto fundamental é a eleição de uma unidade funcional para cada trecho sob análise. De acordo com a escolha da unidade, aspectos do sistema analisado passam a não ser contabilizados. Outro problema presente em análises de ciclo de vida, com sua intrínseca complexidade, é a transferência de vulnerabilidade com ações que buscam promover a sustentabilidade em um ponto específico do ciclo de vida (*burden shifting*). Uma ação sustentável pode inadvertidamente produzir impactos ambientais maiores em outra região do ciclo de vida do produto/serviço/política. Neste sentido, é importante estudar as percepções das pessoas e dos *stakeholders* ligados a cada trecho do ciclo de vida.

Um caso ilustrativo das questões colocadas é o uso da ACV na análise da introdução de carros elétricos nas cidades e de seu impacto ambiental. Muitos estudos têm sido realizados a respeito do grau de sustentabilidade desta introdução em comparação com os veículos movidos a derivados de petróleo. Analisando-se a porção final do ciclo de vida dos veículos, os elétricos têm menores impactos ambientais que os veículos movidos a hidrocarbonetos, mas o grau de diminuição de emissões de carbono depende da matriz energética de cada região e de como é produzida a eletricidade. A produção das baterias ainda implica um aumento das emissões, mas a tecnologia tem evoluído, mostrando as vantagens relativas dos carros elétricos. Contudo, estudos sobre a reciclabilidade destes veículos, bem como a forma de suprir sua eletricidade, ainda precisam ser elaborados (Nealer, 2014).

Ampliando-se o escopo da análise para pensar o sistema de mobilidade de uma cidade, podem-se propor estudos comparativos entre carros elétricos, convencionais, e sistemas de transporte por ônibus elétricos, convencionais ou híbridos, incluindo as vias

públicas e os sistemas de abastecimento de cada opção (fluxograma de análise). Pode-se acrescentar a opção das bicicletas convencionais e elétricas. Maclean e Lave (2003) acreditam que ainda há um longo caminho neste sentido, que passaria pelo aperfeiçoamento dos atuais veículos.

O estudo de Del Duce (2011) mostra que as bicicletas elétricas são os melhores veículos para mobilidade, perdendo apenas, em termos de sustentabilidade, para as bicicletas convencionais, devido aos impactos da manufatura das baterias. A análise foi feita para o contexto das cidades suíças, e deveria ser replicada para outras realidades.

No contexto do estado da Califórnia, o estudo de ciclo de vida feito por Aguirre *et al.* (2012) mostra que, entre as alternativas de veículos movidos à eletricidade, a combustível fóssil e híbridos, os carros híbridos são os que têm melhor custo durante todo o ciclo de vida, mas são os elétricos que atingem o melhor desempenho ambiental.

1.3 O uso da ACV em empresas e nas políticas públicas

A ACV inicia-se nos Estados Unidos com o estudo de ciclo de vida feito pela Coca-Cola a respeito de suas garrafas. Esta pesquisa quis entender os custos e os impactos dos diversos estágios do ciclo de vida das garrafas e se transformou num estudo de caso, que popularizou a ACV nos EUA (Reed, 2012).

A ACV tomou impulso na área acadêmica a partir de seu uso na crise do petróleo da década de 1970. Nessa crise, a ACV contribuiu para que as empresas compreendessem o uso dos recursos naturais. Ela se mostrou um instrumento eficiente e bem construído, capaz de indicar impactos e orientar o processo de eficiência produtiva.

Com o fim da crise energética, o impulso dos estudos de ACV se arrefeceu. Nos Estados Unidos, a Lei do Ar Limpo e Lei da Água Limpa (*Clean Water Act/Clean Air Act*) tomaram a frente das preocupações. Outro impulso acontece logo em seguida, na década de 1990, quando os estudos de avaliação e planejamento de resíduos sólidos se multiplicaram. Na primeira década do novo milênio, novo impulso chega, com a mudança climática, e a popularização dos estudos de emissão de gases de efeito estufa (GEEs). Reed (2012) utiliza a expressão emissões de GEEs, com base no Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC, 2006), para se referir ao que outros estudos de ACV citam como pegada carbônica ou de carbono.

O termo *pegada ecológica* se popularizou com os estudos de William Rees e Mathis Wackernagel, autores do livro *Our ecological footprint*, lançado em 1996 (Wackernagel e Rees, 1996). O traço em comum entre as pegadas e a ACV está na definição da unidade funcional, que serve de denominador comum na elaboração do inventário dos fluxos. Na pegada ecológica, a unidade funcional é o hectare/ano necessário para que o planeta mantenha sua biocapacidade de produção dos serviços ambientais, que estão na base dos sistemas de produção. Na pegada hídrica, a unidade funcional é o metro cúbico/ano de água, que é utilizada nos processos produtivos (WFN, [s.d.]). Esta água pode se apresentar como água precipitável (água azul), água armazenada no solo, rios e lagos (água verde) e água necessária para absorver poluentes (água cinza). Os inventários dos fluxos baseados nas unidades funcionais são então utilizados para compor as respectivas análises de impacto ambiental.

O campo de pesquisa em ACV está consolidado no mundo acadêmico e conta com periódicos revisados e processos de verificação dos profissionais habilitados a conduzir os estudos de ACV (Davis, 2013). Nos últimos dezesseis anos, houve um crescimento exponencial, destacando-se os campos dos biocombustíveis, *design* de processos, gerenciamento de resíduos sólidos e sistemas de produção da pecuária. Apesar de periódicos e instituições envolvidas nesta produção, uma análise baseada em um método bibliométrico de mapeamento da ciência conduzido por Chen *et al.* (2014) mostra que esta literatura está pouco estruturada, com poucos estudos sistemáticos e sintéticos, o que mostra que sua evolução possui algumas lacunas.

No Brasil, Lima, Caldeira-Pires e Kiperstok (2007) apontam que a produção acadêmica em ACV no Brasil privilegiou os seguintes setores produtivos: de construção civil, automobilístico, de embalagens, de energia, agropecuário, de mineração, químico etc. Porém, não existe uma evolução progressiva dos estudos de ACV, apesar do crescimento do número de ACVs e a despeito do pico de produção científica no período entre 2003 e 2004, possivelmente em decorrência da publicação da primeira norma ABNT/ISO 14.040, o que facilitou o acesso à informação sobre o tema. Em outros anos, a produção caiu, demonstrando que há falta de incentivo governamental para este tipo de pesquisa.

Algumas instituições têm se especializado em determinadas áreas. De acordo com as publicações e teses/dissertações defendidas, vê-se que a Universidade de São Paulo (USP) tem um núcleo de concentração em ACV e energia; a Universidade Federal de

Santa Catarina (UFSC) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por sua vez, têm núcleos de produção científica em construção civil; a Universidade de Brasília (UnB) se dedica aos estudos agrícolas; e a Universidade Federal da Bahia (UFBA), à relação entre ACV e políticas públicas (Lima, Caldeira-Pires e Kiperstok, 2007).

Apesar de sua difusão e popularidade, a ACV não se mostra um bom instrumento de análise quando os impactos ambientais envolvidos são complexos e difusos (multicausais) e os fluxos do sistema analisado têm uma temporalidade de médio e longo prazo, ou são difíceis de serem expressos, em valores monetários ou em fluxos de massa e energia.

Melton (2013) não considera a ACV como uma boa ferramenta de *marketing* verde, uma vez que ela não pode afirmar que um produto é mais sustentável que outro. O que se pode dizer é que um produto ou serviço pode melhorar seu desempenho ambiental e indicar em que áreas do ciclo de vida do produto isso é possível e desejável. Neste sentido, o escopo e as dimensões de análise devem ser escolhidos com cautela, dado que a ACV é uma ferramenta de gestão das mudanças nos sistemas de produção e que visa à eficiência no uso de matérias-primas e à melhoria do desempenho ambiental.

A ACV se tornou, no setor da construção civil, seja no processo de construção, seja nos materiais utilizados, o principal padrão de sustentabilidade em âmbito internacional. Ao mesmo tempo, há críticas a respeito da possibilidade de a ACV ter sido usada numa estratégia de falso esverdeamento (*greenwashing*) do setor da construção civil. Há um mal entendido em relação aos dados numéricos usados nos inventários e às falhas relativas à não inclusão de impactos de substâncias tóxicas na saúde humana, ligadas aos materiais de construção (Melton, 2013; Davis, 2013).

A aplicação da ACV para a avaliação de impactos ambientais associados ao setor da construção civil apresenta diversas limitações, especialmente quando comparada à sua utilização em outros setores industriais. Primeiramente, é importante apontar a dificuldade na obtenção de informações e bases de dados confiáveis e completas para os materiais utilizados no setor da construção civil. Atribui-se a isso o fato de muitas empresas fornecedoras terem receio de divulgar seus processos produtivos, por motivos relacionados a questões como concorrência, plágio no processo produtivo ou transmissão de imagem negativa associada à empresa (Miyazato, 2009).

Em relação aos impactos na saúde humana, foram realizadas comparações entre a ACV e outros métodos, tais como a avaliação de emissão de materiais e a avaliação de ambientes internos, de modo a considerar a viabilidade de aplicação da primeira ferramenta no enfoque de aspectos ambientais ocupacionais (Miyazato, 2009). Meijer (2007), através de uma análise que combina fatores de risco, efeitos e danos para avaliar o impacto global sobre a saúde humana, afirma que o dano de emissões dos materiais de construção à saúde humana no ambiente interno, durante o ciclo de vida da construção, não é desprezível e se encontra no mesmo nível de risco daqueles impactos à saúde humana que ocorrem durante a construção ou demolição. Neste sentido, devem fazer parte das avaliações de ciclo de vida.

Mesmo com as limitações colocadas, o que a ACV está apta a fazer é modelar e simular diferentes desenhos produtivos que representem possibilidades de melhoria ambiental no ciclo de vida do sistema de produção. Esta simulação pode informar aquilo que já se sabe sobre o sistema (*known knowns*) e o que se sabe que não se sabe (*known unknowns*), bem como mapear as áreas sensíveis em que não se sabe que não se sabe (*unknown unknowns*). Neste ambiente de modelagem, na falta dos coeficientes técnicos específicos, lançar-se-á mão de aproximações. Quando utilizados para fazer comparações entre produtos, os erros e as aproximações da ACV se propagam nos casos analisados, não perdendo sua validade de orientar os processos de decisão (Melton, 2013; Davis, 2013).

Nem sempre o que parece ser a melhor opção para uma “economia circular” realmente é a alternativa mais sustentável. Entre o berço e o túmulo do produto, diversas etapas, com seus insumos, produtos e impactos, bem como processos de retroalimentação, devem ser analisadas. Ao abrir-se a “caixinha da ACV”, vê-se que, dependendo do escopo, da unidade funcional utilizada e das dimensões de análise ambiental escolhidas, pode-se chegar a resultados muito diferentes.

O caso da proibição do uso de sacolas plásticas descartáveis na cidade de Austin exemplifica essas dificuldades. Os estudos de ACV deveriam ter sido utilizados para comparar o ciclo de vida de sacolas plásticas e suas alternativas (sacolas de plástico rígido e de pano) em diferentes escopos (*cradle to gate*, *gate to gate*, *gate to grave* e *grave to cradle*) e em diferentes dimensões (emissão de carbono, reciclabilidade, ecotoxicidade e pegada hídrica). Uma vez implementada a política, impactos desconhecidos (*unknown unknowns*) começaram a ser notados. Com a proibição, a população de Austin passou a

adquirir sacolas plásticas de material mais durável, porém com uma pegada energética maior. Com o tempo, estas sacolas passaram a ser igualmente descartadas, com grande impacto para as máquinas de reciclagem nos centros de coleta. As sacolas deste tipo, que não foram descartadas, geraram uma pegada hídrica considerável, pois passaram a ser limpas depois do uso (Minter, 2015).

Nesse sentido, a ACV em estudos comparativos deve ser precedida de uma etapa qualitativa e conceitual, em que sejam definidas as boas práticas para o sistema analisado. Estas boas práticas de ACV, além de incluírem o escopo, as dimensões de análise ambiental e a unidade funcional, devem estabelecer os pontos críticos de vulnerabilidade do sistema analisado. A definição dos pontos de vulnerabilidade, em cada trecho do ciclo de vida, deve ser realizada a partir de um processo participativo e aberto aos *stakeholders* do sistema analisado, no qual fatores quantitativos e qualitativos serão discutidos. Este processo de reflexão da ACV, *a priori*, pode ser chamado de pensamento de ciclo de vida (PCV). Definem-se *stakeholders*, segundo o dicionário Cambridge, como aquelas partes interessadas na governança de um sistema e no sucesso de seus objetivos e que são determinantes para as tomadas de decisão e as políticas públicas que incidem sobre estes sistemas (Gandy, 2014).

Outro aspecto da ACV é que, mesmo que ela seja efetuada de modo completo, é difícil evitar distorções de fuga da sustentabilidade (*burden shifting*). Em estudos mais específicos, como as pegadas hídrica, energética e de carbono, há um risco maior de haver fuga de sustentabilidade em suas recomendações, sendo indicado que estes estudos se concentrem em avaliações internas aos sistemas (*gate to gate*). Da mesma forma, aspectos qualitativos não tratados pela ACV podem se transformar em fugas de sustentabilidade social e econômica, tais como: qualidade de vida no ambiente do trabalho e perdas de biodiversidade não consideradas entre os impactos não contabilizados sobre o ambiente e a saúde humana, no médio e longo prazo, por contaminantes químicos utilizados na produção.

O papel da ACV é ajudar a abrir a caixa do ciclo de vida do produto e entender como melhorar o desempenho produtivo e ambiental do sistema de produção. Contudo, as comparações, quando feitas, devem ser cuidadosas para se encaixarem no tipo de análise “maçãs com maçãs” (*apples to apples*) – ou seja, os escopos, as dimensões e as unidades funcionais da análise devem ser compatíveis. As bases de dados utilizadas

devem ser também semelhantes. Há muitos casos de comparações que se encaixam no tipo de análise “laranjas com maçãs” (*oranges to apples*), em que as categorias de análise diferentes levam a resultados difíceis de serem comparados (Batista, 2004).

As normas ISO 14025 e 14040 trouxeram padrões a serem seguidos para os cálculos de ACV, além de estabelecerem a avaliação da terceira parte para a certificação dos estudos, em especial no tocante ao uso da ACV para comparações entre produtos (Davis, 2013). Batista (2004) relata o caso típico de comparação entre laranjas e maçãs (*oranges to apples*) representado pelas indústrias de fraldas descartáveis e as de fraldas de pano ao utilizarem a ACV para comparar seus produtos. O escopo de estudo de comparação centrou-se na pegada hídrica, aspecto vulnerável para as fraldas de pano, e no final da vida útil, a deposição em aterros, aspecto vulnerável das fraldas descartáveis. A ACV das fraldas de pano mostrou que as fraldas de pano diminuam a quantidade de resíduo sólido direcionado aos aterros (2,1% dos resíduos direcionados aos aterros norte-americanos), mas podiam criar problemas em regiões com escassez hídrica. Por sua vez, a ACV das fraldas descartáveis mostrou uma pegada hídrica mais favorável, embora com o acréscimo de fluxos de materiais que diminuem o tempo de vida útil dos aterros sanitários.

O uso de comparações utilizando a ACV pode até mesmo dificultar o diálogo entre *stakeholders* que desejam construir uma política pública ambiental. Bras-Klapwijk (1998) descreve o uso da ACV na definição da política pública ambiental holandesa, para regular a poluição de cloro presente nos produtos de PVC da indústria. Ele propõe que – a fim de evitar atrasos nas negociações entre os *stakeholders*, devido a resultados interpretativos díspares de ACVs de produtos com processos produtivos semelhantes – as ACVs devem ser precedidas de um rico processo de debate entre estes, baseado em argumentos ligados a questões factuais e normativas a respeito dos impactos ambientais de um sistema de produção. Desse modo, cientistas, funcionários públicos e empresários são convidados a estruturar juntos os impactos ambientais, em termos conceituais ou qualitativos (Bras-Klapwijk, 1998).

Ainda estamos longe de avaliar todos os aspectos da sustentabilidade dos ciclos de vida dos produtos com apenas uma metodologia. Enquanto isso, a ACV pode ser um guia na travessia rumo à sustentabilidade (Davis, 2013).

2 METODOLOGIA

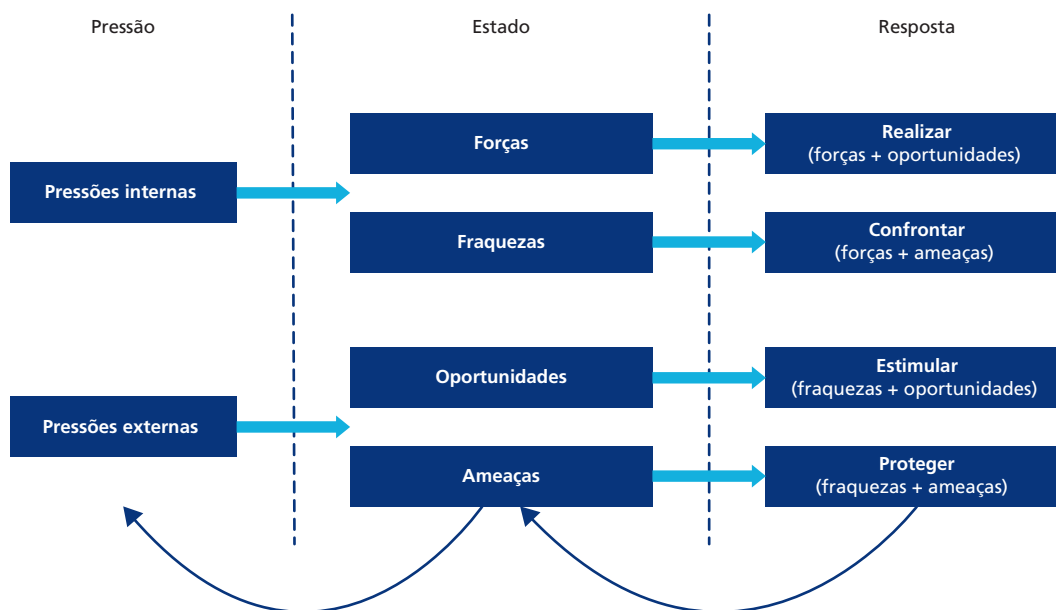
Este trabalho se baseou na metodologia pressão-estado-resposta, utilizada pelos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em estudos de avaliação de sustentabilidade (OECD, 2000). A escolha dos métodos de pesquisa para investigar os vetores determinantes de cada categoria, em termos da percepção dos *stakeholders*, inspirou-se nos estudos de percepção ambiental de Whyte (1977), adaptados para a percepção da sustentabilidade por Coelho (2014), com apoio das teorias dos sistemas complexos de Bertalanffy (1968), para sistemas biofísicos, e de Senge (2011), para sistemas sociais.

A escolha do questionário aberto (pressão), da matriz Swot² (estado) e da matriz S (resposta) se deu a partir da constatação de que, além de serem facilmente aplicáveis a uma amostra de *stakeholders*, podem ser analisados em tempo mais curto, fornecendo resultados adequados à problemática da sustentabilidade.

A matriz Swot é um dos métodos mais utilizados nas ciências da gestão e administração, para captar a percepção situacional do estado presente de um sistema sob análise. Contudo, devido à tendência de as respostas, em cada subcategoria (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças) estabelecerem uma lógica circular entre elas, Helms e Nixon (2010) propuseram a matriz Swot expandida, em que os objetivos pré-estratégicos do sistema sob análise emergem no cruzamento de quatro subcategorias. Com base nos estudos de cenários de futuro de Godet e Durance(2008), é possível considerar que objetivos pré-estratégicos dos atores podem ser expressos como cenários de futuro, com os quais eles alimentam seus processos de decisão estratégicos. A matriz Swot expandida aplicada a problemas da sustentabilidade recebe o nome de matriz S – *strategic* (Coelho, 2014). Nos estudos de sustentabilidade, a matriz S pode ser usada como método auxiliar na determinação das respostas futuras dos agentes (figura 2).

2. Sigla dos termos ingleses *strengths* (forças), *weaknesses* (fraquezas), *opportunities* (oportunidades) e *threats* (ameaças).

FIGURA 2
Metodologia pressão-estado-resposta utilizada na pesquisa de ACV



Elaboração dos autores.

A pesquisa baseou-se, dessa forma, na realização de entrevistas com *stakeholders* dos setores acadêmico, governamental e empresarial, além de análise da literatura sobre o tema. Todas as entrevistas foram presenciais, com gravação de voz; contudo, sem recorrer à transcrição. O método incluiu a geração de um relatório, no qual os pontos principais da entrevista foram separados de acordo com as categorias pressão, estado e resposta. A categoria pressão se subdividiu em duas: pressão interna e pressão externa, para a adoção da ACV. A categoria estado subdividiu-se em quatro: forças, oportunidades, fraquezas e ameaças (matriz Swot). Quatro foram também as subcategorias de resposta: realização, confrontação, estímulo e proteção. As três categorias maiores relacionam-se de maneira sistêmica, o que implica dizer que os vetores da pressão incidem sobre os vetores do estado, formando os vetores da resposta. Estes vetores do sistema pressão-estado-resposta se retroalimentam (figura 2).

A partir da leitura do memorial das entrevistas, foram elaboradas observações e hipóteses de trabalho para orientar a compreensão do uso da ACV nas políticas públicas, com o objetivo específico de deslindar as bases para uma governança de informação em ACV capaz de apoiar efetivamente a tomada de decisão.

3 RESULTADOS

Uma primeira síntese dos resultados surge a partir da comparação entre os tópicos emergentes de cada uma das entrevistas (doze no total, conforme o apêndice). Cinco tópicos principais emergiram em comum das entrevistas: *i*) os impasses estatais e privados para a adoção da ACV; *ii*) a necessidade de uma simplificação ou adaptação da metodologia de ACV para o caso brasileiro; *iii*) a popularização da ACV entre as empresas e os governos; *iv*) a implementação de um sistema de informação em ACV; e *v*) o aproveitamento do conjunto de informações ambientais existentes sobre fluxos materiais e energéticos na construção de um banco de dados, para alimentar estudos de ACV de escopo regional ou por cadeia produtiva.

3.1 Pressão

De acordo com a metodologia pressão-estado-resposta, a categoria pressão divide-se em pressões internas e externas para a adoção da ACV nas políticas públicas e nas empresas. As pressões representam as sínteses históricas de vetores de forças que incidem sobre o sistema analisado, que é caracterizado pela categoria estado, que se expressa em termos de: forças, fraquezas, oportunidades e ameaças (matriz Swot). De um ponto de vista sistêmico, a interação entre as pressões internas externas e as subcategorias de estado geram a categoria resposta, formada pelas subcategorias realização, confrontação, estímulo e proteção – matriz S (Coelho, 2014). Estas subcategorias são os cenários de futuro, ou os objetivos estratégicos dos *stakeholders* participantes desta pesquisa.

3.1.1 Pressões internas

Entre as pressões internas, o risco de reputação passa a ser um dos principais fatores de mudança ambiental para o setor empresarial. Cadeias produtivas com histórico de acidentes e impactos ambientais utilizam a ferramenta de ACV para comprovar, junto à sociedade, sua conformidade com a regulação ambiental. Estes setores tendem a promover e ser líderes do processo de adoção da ACV em relação a outros setores e outras cadeias produtivas, bem como ao setor público. O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), órgão estatal, tem recebido a pressão para o desenvolvimento de um sistema nacional de dados de inventários de ACV; condição *sine qua non* para que a ACV possa ser utilizada nas políticas públicas, bem como para a promoção da capacitação dos recursos humanos.

O Inmetro, junto com outros órgãos governamentais e empresas, faz parte do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV), que foi aprovado pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), em 2010, com o objetivo de desenvolver o Sistema de Informações em Ciclo de Vida (SICV), além de estabelecer as prioridades no aperfeiçoamento do *software* de gestão do sistema e na produção de informação através dos inventários, bem como disponibilizar as metodologias desenvolvidas.³

Essa ferramenta metodológica tem ampla aceitação no meio acadêmico ligado à sustentabilidade ambiental; neste sentido, os especialistas em ACV exercem pressão para que o pensamento – ou a abordagem – de ciclo de vida esteja presente nos instrumentos da política pública e na gestão ambiental das empresas. Segundo um dos atores do governo, a ACV agrega valor às marcas das empresas e se firma como uma marca em si mesma.

Não existe uma metodologia para implantar ACV nas políticas públicas. Os governos têm interesse na adoção da ACV devido a aspectos jurídicos e legais na exigência de critérios de sustentabilidade para as políticas públicas. Contudo, os critérios devem ser formados a partir de uma metodologia aceita pela sociedade. Ao mesmo tempo, a ACV torna transparente o uso dos insumos e a produção de resíduos. Neste sentido, melhora a capacidade do Estado de arbitrar o custo dos impactos ambientais e dividir responsabilidades.

Há, contudo, pouco conhecimento sobre ACV por agentes governamentais, além de uma posição refratária de muitas empresas que temem algum tipo de regulação desfavorável a elas ou ao seu setor como um todo, o que reforça uma cultura de gestão que não incorpora o pensamento de ciclo de vida. Mas, segundo um dos *stakeholders* das associações empresariais, empresas que inovam tendem a utilizar a ACV em seus processos de decisão.

3.1.2 Pressões externas

As pressões externas são originárias do uso da ACV nas economias desenvolvidas e sua aplicação nas relações comerciais e nas políticas públicas – por exemplo, nas compras públicas governamentais (*green procurement*). Neste sentido, as empresas brasileiras que

3. O Sistema de Informações em Ciclo de Vida (SICV) está no *website* disponível em: <<http://goo.gl/golQ6s>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

são competitivas no mercado internacional exercem pressão sobre o Estado e outras empresas para que a ACV seja adotada no país. É o caso da indústria da construção civil. O mercado internacional de materiais de construção vem seguindo padrões determinados pelo uso de *softwares*, como o Building Information Modeling (BIM), associado à ACV (Antön e Diaz, 2014).

As empresas nacionais – em especial, as do setor primário – ainda são refratárias à ACV, e, quando o fazem, não disponibilizam os inventários ao SICV. As razões para isso variam de preocupações em relação aos segredos industriais até a falta de informação a respeito dos protocolos de compartilhamento de dados. Contudo, as formas de verificação da sustentabilidade, adotadas internacionalmente, pressionam os atores nacionais.

Apesar das resistências, a ACV vem expandindo-se em vários países e diversas regiões. Na Austrália, adotou-se a análise do custo do ciclo de vida (*life cycle cost analysis*), uma metodologia que usa a abordagem de ciclo de vida e levou as empresas a diminuir seus custos, a partir da observação atenta de seus processos de produção. No México, foram realizados perto de mil inventários de ACVs. A proximidade e a integração com o mercado norte-americano podem explicar o avanço deste tipo de análise. Na China, este número se aproxima de 4 mil inventários. Companhias com capital em bolsa de valores necessitam fazer seus inventários e, a partir destes, a avaliação de seus impactos ambientais. No plano internacional, Alemanha e Suíça lideram o mercado de tecnologias de armazenagem e compartilhamento dos dados inventariados de ACV.

O sistema francês Le Grenelle, uma metodologia de abordagem de ciclo de vida, primeiramente aplicado ao setor alimentar, foi estendido a todos os setores da indústria francesa. O Brasil ainda está na fase de planejar sua estratégia e mapear os setores prioritários. Um ator da academia defende que é preciso acelerar o processo de implementação da ACV no Brasil através da mobilização das instituições encarregadas da capacitação profissional no país e dos órgãos de tecnologia da informação (TI), como o Inmetro e o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict).

Na Europa, tem havido uma velocidade de harmonização dos sistemas de ACV de cada país-membro, com normas comuns da União Europeia. O exemplo europeu inspira os atores nacionais a construir um sistema nacional, que leve em conta a grande diversidade de ecossistemas e situações socioeconômicas.

Há uma percepção de que o potencial competitivo internacional está ligado à aplicação da ACV, o que tem influenciado setores industriais e agroindustriais. As grandes empresas brasileiras do setor primário ainda relutam em adotar a ACV, pois geralmente determinam os preços em seus mercados de *commodities*. A tendência à abertura do capital em bolsas de valores, bem como a integração produtiva dos insumos na constituição de produtos finais, levará ao aumento da pressão para a adoção da ACV.

3.2 Estado

3.2.1 Forças

O campo das forças dos sistemas de produção e das políticas públicas para a implantação de uma estratégia de ACV mostra que os atores entrevistados percebem as qualidades e as virtudes da ACV para a sustentabilidade da produção, mas se indagam a respeito das debilidades que têm tornado lenta a sua implementação no Brasil. Segundo a maioria dos atores, a ACV é importante tanto na gestão pública quanto na gestão privada. A força da ACV está no entendimento da cadeia de valor do sistema analisado. A ACV é central para uma visão circular da economia. Ela varre todos os aspectos dos sistemas de produção e pode ser aplicada para avaliar impactos ambientais.

Segundo um ator governamental, a ACV ajuda a instruir as políticas públicas, mas não estabelece objetivos. Outro aspecto é que a ACV contribui no aperfeiçoamento da eficiência produtiva, mas não define quais são os requisitos técnicos da sustentabilidade. O Estado tem o papel de estabelecer estes requisitos, a partir da negociação com os setores produtivos. Um ator das associações acredita que o melhor uso que o Estado poderia fazer da ACV é indicar ao mercado os melhores equipamentos e tecnologias sustentáveis. Na política industrial, a ACV contribui para entender a cadeia de valor. As políticas públicas exercem sua regulação por setor, não pela cadeia de valor. A ACV tem o papel de promover essa abordagem por cadeia de valor nas políticas públicas.

Segundo um *stakeholder* do governo, o Estado vem “comendo pelas beiradas” enquanto espera o crescimento das análises semelhantes à ACV, mas sem padronização oficial. Essa popularização é bem-vinda para o treinamento dos agentes econômicos na cultura do ciclo de vida, mas, na prática, gera uma proliferação de selos de sustentabilidade com rotulagem *tipo 1*, que não exigem a aplicação de uma ACV. Outro *stakeholder* do governo coloca a pergunta de como levar estes produtos e serviços com selos *tipo 1* até o

patamar de uma rotulagem *tipo 3*, o que envolve a realização de uma ACV. Uma resposta possível seria a perda de credibilidade dos selos *tipo 1* diante da grande diversidade de metodologias, critérios e dimensões analisados presentes neste mercado.

Com a pressão causada pelo aumento de exigências ambientais nas agendas comerciais sobre as empresas, multiplicaram-se os certificados e selos de garantia de qualidade ambiental. Devido à necessidade de estabelecer um grau de confiança entre empresas e consumidores, empresas públicas e privadas foram formadas para acreditar estas declarações de qualidade ambiental. Uma das normas criadas neste sentido é a ISO 14200, que estabelece três tipos de rótulos ambientais e suas características.

A rotulagem tipo 1 compraz programas voluntários que permitem comparar produtos similares a partir de critérios com base nos ciclos de vida estabelecidos por entidades de acreditação. São exemplos desta rotulagem os selos do governo alemão, o Blue Angel, e do governo norueguês, o Cisne Branco, e o rótulo ecológico europeu. As autodeclarações tipo 2 não são certificadas por uma terceira parte, comunicam aspectos ambientais específicos de determinado produto e são mais econômicas, por abdicarem dos custos de certificação e validação. A rotulagem tipo 3 traz as declarações ambientais de produto (DAPs), que seguem os parâmetros de quantificação dos fluxos do ciclo de vida, a partir dos requisitos específicos para as diferentes categorias de produto (PSRs), seguindo os princípios para o uso da série ISO 14040, que rege a aplicação da ACV (ISO 14025). Este tipo de rotulagem permite a comparação entre produtos com a mesma função (EC, 2008; ISO, 2006).

3.2.2 Fraquezas

A ACV se desenvolve num ambiente em que a transparência na formação e na transmissão da informação está presente. Apesar dos esforços envidados por diversos setores do governo e da indústria, o ambiente institucional brasileiro ainda está “engatinhando na transparência”, segundo um dos *stakeholders* do governo. Outro problema é a falta de um banco nacional de dados, bem como a complexidade da metodologia da ACV, que, para grande parte dos entrevistados, pede um esforço de simplificação, ou adaptação. O desconhecimento entre atores públicos e privados do que seja o instrumento da ACV é outra fraqueza apontada pela quase totalidade dos entrevistados. Para que o processo de utilização da ACV seja acelerado no Brasil, é necessário que haja vontade política. Hoje, não há condições de exigir um ambiente favorável à ACV, segundo outro *stakeholder* do governo.

As informações sobre produtos com alguma certificação, ou selo, não estão facilmente disponíveis, e os bancos de dados não são compatíveis em termos de TI. Não há uma lei que determine que os dados de ACV devam ser direcionados ao SICV.

Outra fraqueza da ACV é que a metodologia, ao utilizar generalizações e simplificações médias para os coeficientes técnicos, vinculados a insumos e combinações de bases de dados com bases temporais diferentes, perde sua força para arbitrar conflitos. Ao mesmo tempo, estes fatores ajudam a definir seu caráter de modelização. Outro aspecto é a necessidade de avaliar o peso do que ficou de fora da análise. A modelização de ACV privilegia aspectos ambientais, mas vêm sendo desenhados arranjos metodológicos para avaliar também impactos sociais. Neste sentido, é preciso estabelecer, na determinação do escopo e nas dimensões de análise, categorias de impacto social, ou associar à ACV outras metodologias de avaliação de impactos sociais (Guinée *et al.*, 2011).

Existem barreiras e deficiências acadêmicas que impedem uma maior difusão das abordagens de ciclo de vida. A aplicação da metodologia é percebida como cara e morosa, além de restritiva em suas exigências. A intenção de desenvolver a ACV ainda não está clara no âmbito federal. A falta de um banco de dados nacional limita a abrangência dos estudos, sua operacionalidade e seus custos. Segundo um *stakeholder* do governo, uma ACV pode custar de US\$ 3 mil a US\$ 50 mil.

Para um dos *stakeholders* da academia, as empresas ainda têm uma cultura “preservacionista” de interesses, que não privilegia a busca de novos desafios e inovações. Sem uma estratégia e uma metodologia definidas, a tentativa de introduzir a ACV continua tímida. Não há ainda instrumentos que possam incorporar a ACV nas políticas públicas no Brasil. Isso pode ser explicado como um problema de cultura de gestão. Um exemplo está na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em que os acordos de logística reversa se arrastam e a ACV não é pedida para que as empresas demonstrem o ciclo de vida final de seus produtos (*gate to grave*), observa um *stakeholder* do governo.

O pensamento de ciclo de vida deveria ser uma premissa nas políticas públicas. Contudo, a política imprimida pelas instituições governamentais, que regulam os recursos naturais, considera que os recursos são infinitos segundo um dos *stakeholders* do governo. A gestão dos recursos seria orientada pela demanda, e não pela oferta.

Além disso, um dos *stakeholders* das associações pontua que o Brasil tem uma presença ainda pequena no mercado internacional; por isso, não pode exigir a ACV de seus fornecedores internacionais. A exceção está em mercados de produtos elaborados em que o país é líder – por exemplo, materiais de construção. O Brasil ainda compra baseado no menor preço, e, em termos de sustentabilidade, em geral, os produtos brasileiros perdem para os importados. Há, contudo, grandes diferenças entre setores.

Outra debilidade relatada está na capacitação dos recursos humanos das empresas e dos governos para gestar a adoção de uma estratégia nacional de ACV. Contudo, existem recursos humanos e metodológicos para atender às necessidades nacionais em curto prazo, se houver uma sinergia com as instituições de educação tecnológica na opinião de um dos *stakeholders* da academia.

3.2.3 Oportunidades

Segundo um dos *stakeholders* das associações, é possível desenhar uma curva senoidal com altos e baixos no interesse público e privado em relação à ACV de 1990 até hoje. Os picos de interesse se situam em anos anteriores às grandes conferências das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992, 2002 e 2012); respectivamente, as conferências do Rio de Janeiro, de Johannesburgo e novamente do Rio de Janeiro.

As oportunidades para o uso de ACV se apresentam com base no aumento das exigências ambientais nas agendas comerciais e pela busca deecoinovações. As agendas vão adotando critérios de sustentabilidade, além dos tradicionais critérios de rentabilidade e risco, segundo um dos *stakeholders* da academia.

Esses fatores têm criado o ambiente para o aperfeiçoamento da estrutura de disponibilização dos dados para apoiar as campanhas de popularização, com o objetivo de multiplicar os inventários de ACV, bem como a incorporação da abordagem do ciclo de vida nos processos de decisão públicos e privados. Uma vez que um banco de dados nacional esteja disponível, com dados atualizados e protocolos de cessão e compartilhamento estejam operando, o uso da ACV irá aumentar. Há a possibilidade de a criação de ecoparques produtivos e integrados passar a ser palpável, a partir do uso do *ecodesign* orientado pela ACV com um banco de dados robusto disponível e em constante atualização.

A *join-venture* suíça Ecoinvent está contribuindo com € 200 mil para a “tropicalização” de bases de dados europeias e a cessão dos dados ao Brasil. Este processo está

em andamento e é capitaneado pelo Ibict. Esta ação é importante para a difusão da ACV e a geração de novos inventários para abastecer o SICV. O Brasil já possui alguns inventários, e existem vários grupos da academia pesquisando esta temática.

Um *stakeholder* da academia acredita que, uma vez existindo um banco de dados adaptado para a situação brasileira, o próprio uso do banco de dados por agentes privados criará um fornecimento de informações mais acuradas, estimulando os agentes que não se virem bem refletidos nos coeficientes técnicos da sua atividade a se manifestarem nesse sentido.

Segundo um dos *stakeholders* do governo, a ACV começa a ser vista e considerada. A indústria começa a ceder os dados das ACVs já produzidas. Associações empresariais, como a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), estão investindo na divulgação da ACV entre seus membros. Está em andamento junto ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Unep, na sigla em inglês) uma negociação, em âmbito mundial, para a unificação de bancos de dados de inventários, tornando-os gratuitos. A partir da criação de um banco de dados, cujas densidade e diversidade das informações vão aumentando, a ACV e outras metodologias, como o Sistema de Informações Geográficas (SIG), passam a convergir e criar avaliações ambientais estratégicas dos sistemas de produção adaptadas a diferentes necessidades.

Outra oportunidade de fortalecimento da ACV é a integração de seus dados com os dados de sistemas de informação ambientais. Este exercício de percepção foi proposto por um dos *stakeholders* do governo. Para ele, os dados gerados no processo de licenciamento ambiental configuram uma ACV parcial. O Cadastro Técnico Federal do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama), que agrupa as atividades potencialmente impactantes ao meio ambiente no território nacional, classifica as atividades econômicas como sendo de alto, médio e baixo impacto. Estas informações, ao serem georreferenciadas, podem informar que insumos são utilizados e quanto se emitiu de poluição e resíduos. Outro ator do governo concorda com este raciocínio e propõe que os dados da Produção Industrial Agregada (PIA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possam fornecer aos bancos de dados informação sobre os fluxos de insumos básicos para as indústrias do Brasil, incluindo o uso de recursos hídricos. Isto abre a possibilidade de construção de uma ACV regional.

O termo “ciclo de vida” está citado diversas vezes em algumas políticas públicas brasileiras, em especial na política de compras públicas sustentáveis (CPS), na PNRS – em que o “estímulo à implementação da análise do ciclo de vida do produto” aparece entre seus objetivos – e na Política Nacional de Biocombustíveis, embora ainda não haja nenhuma regulação para o uso da ACV ou para o estímulo à sua aplicação.

3.2.4 Ameaças

Uma das ameaças para os agentes privados e governamentais no uso da ACV está relacionada à possibilidade de violação de direitos intelectuais sobre produtos e processos. Outro risco é o uso potencial da ACV na confecção de barreira técnica no comércio exterior, potencialmente diminuindo a concorrência dos produtos nacionais, em especial dos setores que não são líderes de mercado em produtos elaborados. Segundo um dos *stakeholders* das associações, autoridades comerciais europeias investigam as ACVs de produtos brasileiros concorrentes, para buscar aspectos que possam ser alvo de taxação e questionamento ambiental.

Para setores que são competitivos no mercado internacional de produtos de maior valor agregado, há a exigência de que os produtos tenham seus inventários de ACV. Para a indústria de materiais de construção brasileira, que compete no exterior e convive com 20% a 30% de produtos importados, a ACV é uma realidade. Um dos representantes das associações propõe que deveria ser exigido dos produtos chineses suas ACVs, para demonstrar a qualidade ambiental de seus ciclos de vida.

Segundo um *stakeholder* do governo, a ACV do setor de cobre demorou seis meses, tendo sido cara e complicada, pois necessitou integrar os agentes que compõem a cadeia. Neste sentido, outra ameaça da ACV no Brasil é a falta de integração entre os agentes das cadeias produtivas brasileiras. Um dos *stakeholders* das associações acentua o enorme esforço que é necessário para construir uma ACV completa no Brasil, que abarque a integridade do ciclo de vida de um produto.

Há um desconhecimento da ACV no Brasil, tanto no governo quanto nas empresas, embora a ideia de ciclo de vida esteja difundida talvez pela campanha em prol da reciclagem de materiais. Há temor, nas empresas, de que a ACV seja pedida compulsoriamente nos relatórios de sustentabilidade. “Subir a barra para todo mundo” não é considerada uma boa estratégia. Segundo um ator do governo, o setor primário é

refratário a dispêndio de recursos financeiros, enquanto os setores energético e agrícola temem o aumento de rigor do licenciamento ambiental.

Há outro risco percebido de que o uso da ACV seja considerado uma panaceia para a solução dos problemas ambientais e que seja um passo maior que a capacidade dos setores produtivos. Neste sentido, a percepção das associações é de que é preciso estabelecer prioridades e ter cuidado para que o uso da ACV não limite a concorrência. Quanto ao nível de exigência da adoção, as empresas se perguntam qual será a estratégia, se voluntária ou se compulsória, e como se dará a implementação da ferramenta, se modular ou se por estágios, visando às rotulagens *tipo 3* ou às DAPs. Para um dos *stakeholders* das associações, o atual momento não é propício à capacitação de recursos humanos, mas à divulgação das oportunidades de se fazer ACV.

3.3 Resposta

No campo das respostas, os *stakeholders* fizeram um exercício de criação de cenários futuros (objetivos estratégicos) para a adoção da ACV no Brasil. Estes cenários podem ser de quatro tipos: realização (forças + oportunidades), confrontação (forças + ameaças), estímulo (fraquezas + oportunidades) e proteção (fraquezas + ameaças). A categoria resposta expressa, por meio dos cenários de futuro, os aspectos sistêmicos da percepção futura dos *stakeholders* que influenciam seus processos de decisão atuais.

3.3.1 Cenários de futuro: realização

Os cenários de realização são o resultado da percepção dos *stakeholders* sobre quais seriam os cenários de futuro emergentes a partir das pressões, forças e oportunidades percebidas. Os *stakeholders* dos três grupos prospectam que, no futuro, os esforços governamentais se integrem para estruturar o banco de dados nacional de ACV (SICV) e suas ferramentas de acesso e compartilhamento de informações. Parte deste cenário já está sendo realizado pelos esforços do Ibict e do Inmetro.

As empresas brasileiras que exportam para a União Europeia – marcadamente nos setores de vidro, alumínio, ferro, cimento e química – alimentam as bases de dados internacionais de ACV e podem contribuir na construção no repositório de informações de ACV brasileiro. O governo deve estabelecer as ferramentas para gestar este processo.

O governo necessita estabelecer uma meta para o padrão produtivo que se quer alcançar. O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), que é um instituto de educação e inovação para a indústria, deveria ser incorporado ao processo de aceleração da adoção de ACV. Treinar o Senai, constituindo grupos de implementação de ACV por cadeia produtiva, poderia estimular a cultura de DAPs. Este treinamento poderia ser oferecido pelo Senai para a capacitação de grupos em diferentes cadeias. Neste sentido, um ator da academia defende que a teoria da inovação deve ser a base teórica para popularizar a ACV.

De acordo com a teoria da inovação, são necessários três elementos para popularizar uma inovação: agentes, ações e instrumentos. Neste sentido, a ACV é uma inovação que não está conseguindo deslanchar no Brasil. A lei francesa Le Brenelle necessitou de dez anos para ser implementada pelos agentes públicos e privados. O que está faltando ao processo brasileiro? Quais os vetores de influência e qual a estratégia a ser adotada? Os seguintes instrumentos são necessários: incentivos econômicos, instrumentos legais, instrumentos de política pública e instrumentos de TI, gestão e capacitação. Deve haver vontade política para implementar estes instrumentos (Blumenschein, Miller e Tomè 2013). A confiança (*trusting*) entre *stakeholders* é outro fator fundamental para a implementação da ACV e o uso dos dados dos inventários.

O banco de dados do sistema francês não é composto de dados de ACV por empresa, mas por tipo de produto ou ACVs típicas (John, Pacca e Angulo, 2014). Um sistema composto por dados de ACVs típicas por produto é mais rápido de ser implantado do que um banco de dados com ACVs por empresa. Sistemas como o francês servem principalmente a países com arranjos produtivos similares.

Segundo John, Pacca e Angulo (2014), o Brasil perderia com a implantação de uma abordagem de ACV nos moldes do modelo francês, pois os sistemas de produção nacionais têm grande variedade de arranjos produtivos entre produtos similares. Ao mesmo tempo, a adoção de um sistema composto de dados de ACVs completas representativas dos sistemas de produção, com discriminação de cada produto, teria uma construção a longo prazo. A saída para o Brasil seria adotar um sistema simplificado e modular (John, Pacca e Angulo, 2014).

A implementação de um sistema nacional de ACV necessita de dois passos iniciais: a compra de inventários-chave (ICV) e a execução de projetos-piloto de ACV.

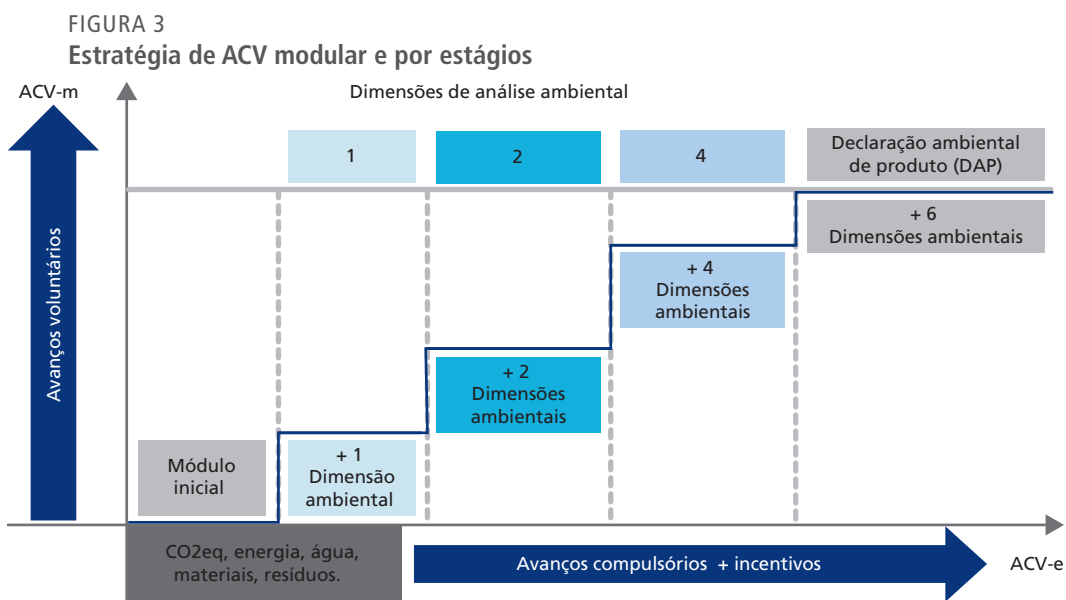
O Ibict está trabalhando com *stakeholders* empresariais e governamentais na política de acesso aos dados de ACV existentes. Ao mesmo tempo, o Inmetro tem experiência em programas voluntários de acesso à informação – com laudo dos laboratórios. Neste sentido, é preciso concatenar estes esforços com as prioridades do governo traçadas para a indústria. O Plano Indústria do governo federal conta com sete setores, que poderiam ser os prioritários para a aplicação da ACV. Por exemplo, empresas que estão enfrentando barreiras comerciais poderiam ser priorizadas. O governo também pode induzir o uso da ACV através de seu poder de compra.

O Plano Brasil Maior instituiu a política industrial, tecnológica e de serviços para o Brasil, no período 2011-2014. Através de ações transversais e setoriais, blocos de ações foram construídos. Blocos de ações representando dimensões transversais e setoriais foram criados. As dimensões setoriais foram o fortalecimento das cadeias produtivas, as novas competências tecnológicas, as cadeias de suprimento em energia, a diversificação das exportações e a competência na economia do conhecimento natural. As dimensões transversais foram o comércio exterior, o investimento em bem-estar do consumidor, a inovação, a formação e a qualificação profissional, a produção sustentável, a competitividade de pequenos negócios e as ações especiais em desenvolvimento regional. A indústria foi então dividida em setores: sistemas da mecânica, eletroeletrônica e saúde, sistemas intensivos em escala, sistemas intensivos em trabalho, sistemas do agronegócio, comércio, logística e serviços pessoais (Brasil, 2014).

Para um dos *stakeholders* das associações, um plano de comunicação eficaz deve explicar o que é a ACV, quais as suas ameaças e seus benefícios e que setores necessitam de ajuda para implementar sua ACV. Este plano deve buscar desmistificar a ACV. O governo deveria ser mais enérgico no PBACV. Isso não significa impor o uso compulsório da ACV, mas fazer um trabalho de conscientização, baseado em casos de sucesso.

Duas estratégias de implementação de ACV se destacam. A primeira, chamada modular, vem ao encontro da percepção de muitos *stakeholders* desta pesquisa de que a ACV é complexa, cara e morosa de ser feita, o que pede um esforço de simplificação. Na segunda estratégia, chamada de estratificada ou por estágios, cria-se um sistema estratificado, no qual empresas são classificadas em diferentes estágios de desenvolvimento da ACV, em relação ao escopo da análise e às dimensões de impacto ambiental analisadas. São criados incentivos fiscais e econômicos para que as empresas mudem de estágio. O estágio mais elevado é a realização de uma ACV completa que permite ter uma DAP.

A estratégia de ACV modular (ACV-m) é construída a partir dos componentes fundamentais de um ciclo de vida, que formam o escopo de inventário mínimo. Neste escopo, são inventariados a emissão de GEEs e o consumo dos principais recursos naturais: energia, água, materiais e geração de resíduos. Esta simplificação busca popularizar a construção de inventários de ACV. Um exemplo de simplificação é a ACV modular desenvolvida pela Poli-USP para o cimento. Outro exemplo de ACV modular é o GHG Protocol, que orienta as empresas a fazerem uma ACV centrada nos impactos dos insumos do processo produtivo no aumento dos GEEs, relacionando-os com os impactos da mudança climática. As empresas que fazem a ACV-m podem depois ir além e incluir outras dimensões de impacto de modo voluntário (figura 3).



Elaboração dos autores.

De acordo com *stakeholders* consultados, a estratégia de ACV estratificada (ACV-e) prevê um processo de implementação por estágios compulsórios. A construção de uma DAP é o último estágio de um plano nacional de ACV, e este seria antecedido por quatro estágios. O primeiro estágio reuniria empresas com rotulagem *tipo 1* e avaliação das pegadas hídricas, de carbono e energia de seus insumos de produção e resíduos – ou seja, o módulo inicial da ACV-m. No segundo estágio, seriam exigidas as pegadas anteriores e a avaliação de impacto ambiental com uma dimensão apenas, de acordo com a lista dos doze impactos ambientais adotada pela ILCD. No terceiro estágio, seriam pedidas duas dimensões ambientais de análise, mantendo-se as pegadas anteriores. No quarto estágio, seriam quatro as dimensões de impactos ambientais a serem pedidas, preservando-se o

estado das três pegadas. E, finalmente, no quinto e último estágio, exigir-se-iam as seis dimensões de impactos ambientais e as três pegadas, configurando uma DAP de acordo com o pedido nas normas ISO 14040 (figura 3).

Os impactos ambientais presentes na lista da ILCD e adotadas nas normas ISO CD 21930 são: mudanças climáticas, destruição da camada de ozônio, toxicidade humana, partículas orgânicas respiráveis, radiações ionizantes, formação fotoquímica de ozônio, acidificação da água e do solo, eutrofização da água e do solo, ecotoxicidade, uso da terra e utilização de recursos naturais (minerais, energia fóssil, recursos renováveis, água etc.).

Segundo um dos *stakeholders* da academia, não é aconselhável uma estratégia de ACV baseada numa metodologia simplificada, do tipo modular, mas um programa feito em estágios. Este ator acredita que o Brasil deva se preparar para um sistema de ACV que caminha em direção a um sistema internacional. Incentivos para a adesão das indústrias podem ser aprendidos com o *benchmark* internacional.

3.3.2 Cenários de futuro: confrontação

Os cenários de confrontação se formam no encontro das pressões do passado com forças e ameaças colocadas no presente dos sistemas analisados. Um dos cenários de confrontação revela que os *stakeholders* esperam que o governo interceda para incluir na estratégia de ACV as pequenas e médias empresas, de modo a possibilitar que estas façam suas ACVs e possam realimentar o SICV. As pequenas e médias empresas provavelmente não conseguirão fazer ACV devido aos custos de tempo e dinheiro.

Para que as pequenas e médias empresas possam fazer suas ACVs, será necessário disponibilizar, através do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e Senai, as informações necessárias. Os dados precisam estar claros e harmonizados, e as metodologias desenvolvidas nas universidades devem ser críveis.

A preocupação com a sustentabilidade ambiental é uma tendência inexorável. Contudo, o mercado cumprirá com as exigências desta tendência, de modo a maximizar seus retornos e diminuir os custos nas escalas financeira e temporal. Cabe ao governo se posicionar para estabelecer as metas e os métodos de verificação ambientais. Segundo um dos *stakeholders* da academia, o que levou a Inglaterra a um patamar elevado de construção civil, com desempenho ambiental positivo, foi a boa relação custo-lucro no canteiro de obras. O Estado deve ter um papel de coordenação.

Segundo um dos *stakeholders* do governo, as grandes empresas, em especial do campo da química, ainda resistem à adoção da avaliação do ciclo de vida. Os setores que detêm propriedade intelectual sobre processos também resistem à ACV. Os setores da construção civil e eletrodomésticos estão mais abertos. O setor da construção civil, segundo um *stakeholder* das associações, mesmo tendo grande emissões, recebeu um prêmio internacional pela menor emissão de gases em relação ao cimento Portland. Contudo, outros grandes emissores de GEEs seriam refratários à ACV. A diferença entre a construção e outros setores que lidam com *commodities* está na inserção internacional dos materiais de construção com maior valor agregado.

Para que se aplique a ACV nas políticas públicas, é necessário tempo para que os *stakeholders* incorporem em seus processos de decisão a abordagem de ciclo de vida. Tem de haver compatibilizações jurídicas a montante e a jusante dos produtos. Problemas acontecem na cobrança de impostos, como a bitributação da matéria-prima do produto e também do produto. Segundo um dos *stakeholders* do governo, no setor de eletrônicos, é preciso mudar a legislação que trata da renúncia de propriedade necessária para que o fluxo de produtos, no fim de sua vida, possa acontecer sem impedimentos. Neste sentido, a interligação de políticas sobre produtos e serviços é necessária para garantir o fluxo, nos ciclos de produção e descarte, e, finalmente, a reintegração, no processo produtivo.

A questão fulcral é que o conceito de ciclo ainda não foi internalizado na execução de políticas públicas e nos sistemas produtivos brasileiros. Abordagens de ciclo de vida ainda são vistas como obrigação (comando e controle) e não são ainda totalmente incorporadas aos modelos de negócio. Contudo, crescentemente, as empresas são surpreendidas pelo risco de reputação e são penalizadas.

Para um dos *stakeholders* do governo, a tarefa central a ser enfrentada é o redesenho das cidades. Considerando a Curva ABC de eficiência, aplicada a produtos e serviços sustentáveis para a construção civil, seria possível regular uma política de demanda pública de insumos sustentáveis. Os sanitários utilizavam 20 l de água por descarga há vinte anos. Este valor caiu para 12 l, e agora já está em 6,7 l. Contudo, cidades com mais de vinte anos de idade continuam com descargas de 20 l. Segundo este *stakeholder*, não se faz política pública agregada. A França estabeleceu uma etiquetagem para a sustentabilidade dos edifícios com benefícios no IPTU para os mais bem colocados. Esse benefício pode ser pensado para o contexto da crise hídrica no Brasil, ao se incentivarem processos produtivos de menor pegada hídrica.

Um dos *stakeholders* das associações argumenta que o trabalho delas, em relação à ACV, é “de mão dupla”. Com uma mão, é preciso negociar para retardar as regulações compulsórias governamentais, e com a outra, trazer a indústria para padrões mais elevados de sustentabilidade. Neste sentido, as associações devem negociar com o governo o momento em que a indústria alcançará os padrões mais elevados de qualidade ambiental. As associações convivem com diferentes setores que estão situados em patamares muito diferentes neste âmbito. Estas diferenças estão ligadas às necessidades da pauta comercial brasileira.

Segundo um *stakeholder* do governo, o ambiente de regulação é estruturado por empresa e produto, mas não por cadeia de valor. Certos instrumentos de valor são adaptados à empresa. O que pode atuar na cadeia é o risco de reputação. Um dos *stakeholders* das associações comenta que é necessário aculturar inovações no Brasil, partir de um decreto do governo ou não. Para ele, o poder de compras do Estado é central para estimular a ACV, a partir do oferecimento de editais de compras que premiem esforços de sustentabilidade.

A Lei nº 8.666/1993, Lei das Licitações, teve como escopo a inibição à fraude nos processos de compra, e não a regulamentação da melhor compra. Esta lei estabelece uma relação de comando e controle para a compra pública, o que gera uma inibição no comprador governamental, que fica receoso de descumprir a norma legal, e prejudica o avanço da CPS. Aperfeiçoamentos no sistema de pregão eletrônico poderiam também contribuir para a promoção dos produtos sustentáveis. Este *stakeholder* defende que o governo deveria exigir a ACV dos produtos importados, criando barreiras alfandegárias para produtos com impactos ambientais no seu ciclo de vida que não estivessem adequados.

3.3.3 Cenários de futuro: estímulo

Em um cenário de futuro em que as pressões impulsionam oportunidades, mas estas se deparam com as fraquezas dos sistemas que almejam adotar a ACV, é possível estimular ações de preparação para a ACV. O principal cenário de estímulo, na percepção dos *stakeholders*, é a adoção, pelo Estado, da metodologia qualitativa do PCV, que contribuiria para a identificação, em cada região/bioma, dos setores que deveriam ser priorizados na construção da ACV e daqueles que seriam deixados de fora num primeiro momento. Além disso, o PCV ajudaria a gerenciar a construção de consensos entre *stakeholders* públicos e privados, em cada cadeia de produção.

A visão abrangente do Ministério Público (MP) contribuiria, segundo um *stakeholder* do governo, para a avaliação de aspectos intangíveis da sustentabilidade, como os interesses difusos e coletivos, que poderiam ser expressos como dimensões de análise de impacto social. Neste sentido, uma das ferramentas do MP que pode ajudar neste processo é o termo de ajuste de conduta preventivo (TACP). O governo pode também estipular metas para si mesmo, com impactos no mercado, estabelecendo, por exemplo, que, após certo tempo, ele passará a comprar determinado produto sustentável com especificações de produtos similares às aquelas presentes na DAP.

Outras ações de estímulo seriam aquelas que buscam aumentar o grau de confiança mútua entre o Estado e as empresas. Neste sentido, o PCV é uma metodologia de integração de esforços governamentais e privados para fortalecer a construção de políticas. O PCV pode orientar a formação de um fórum setorial de políticas do setor público, oportunizando sinergias entre as políticas que lidam com ciclos de vida de produtos. Estes fóruns podem ser um espaço de interlocução, um *locus* de conversação no qual grandes empresas que já utilizam a ACV e que fazem parte da rede empresarial de ACV, o grupo de trabalho de ACV do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, poderão repassar sua experiência para as pequenas e as médias empresas. O mais importante é estimular o ambiente de confiança entre as empresas e o(s) governo(s)/repositórios de dados.

Ações prévias podem ser estimuladas para a construção de uma estratégia nacional, tanto guiada pela ACV-m quanto pela ACV-e. Uma política de *design* de integração de cadeias, ou uma diretiva de *ecodesign*, seria bem-vinda. Seguindo esse raciocínio, uma concertação de políticas públicas que lidam com ciclos de vida deveria ser estimulada, sem incorrer em conflitos no pacto federativo. Este seria um enfoque preventivo.

Segundo um profissional do mercado que atuava como consultor de ACV e hoje coordena um setor de ACV numa grande empresa, a cultura do ciclo de vida deve ser praticada mesmo que haja ausência de dados nacionais. Simulações com *softwares* que usam dados importados são didáticas, pois treinam os gerentes e o pessoal técnico responsável pela construção da ACV, para o entendimento das potencialidades da ferramenta na gestão do processo produtivo.

3.3.4 Cenário de futuro: proteção

Os cenários de proteção são construídos a partir das percepções de como atuar sobre pressões que incidem sobre as fraquezas internas e ameaças externas dos sistemas sob análise.

O cenário de proteção mais citado entre os *stakeholders* da pesquisa é a necessidade de evitar esquemas de negociação entre empresas e Estado que sejam morosos na definição das metas de implementação de uma estratégia nacional de ACV. Outro cenário a ser evitado é aquele em que há informação disponível e de qualidade, mas os custos de construção da ACV permanecem altos e proibitivos. É preciso pensar em esquemas de implementação com redução de custos de construção dos inventários.

Segundo um dos *stakeholders* das associações no setor de blocos de concreto, há uma grande dispersão dos valores dos coeficientes técnicos em uma amostra reunindo de duzentas a trezentas empresas que fazem blocos de concreto. Esta grande dispersão entre valores máximos e mínimos desautoriza o uso de coeficientes técnicos médios para a construção de uma ACV de um produto típico. Será necessário trabalhar com os dados que representam arranjos produtivos diferentes, em um cenário de regionalização da ACV no Brasil para este setor. As estratégias de implementação da ACV devem levar em conta a variedade de arranjos produtivos no Brasil.

3.4 Governança da informação

O Ibict, com apoio do Inmetro, está implantando o sistema de informações de ACV do Brasil na PBACV. As bases de dados estão sendo coletadas; contudo, é preciso definir a estratégia de implementação que será utilizada, como aproveitar o esforço feito pelas empresas que já estão certificadas, seja com o selo *tipo 1*, seja com o *tipo 3*. Os bancos de dado da Embrapa e da Petrobras estão sendo disponibilizados para o SICV do PBACV. Segundo um dos *stakeholders* do governo, as empresas com selos *tipo 3* deveriam ceder seus dados compulsoriamente aos repositórios públicos.

O Ibict assumiu a presidência do Conselho Internacional de ACV e tem a meta de expandir o trabalho de criação de uma ontologia de coeficientes técnicos brasileiros para a escala internacional, em acordo com a crescente integração produtiva na escala global. A *joint-venture* suíça formada pela empresa estatal Empa-Laboratório de Materiais ofereceu ao Brasil, gratuitamente, seu banco de dados e também a tropicalização desses, com um valor estimado de R\$ 600 mil. O potencial é enorme em comparação a oito anos atrás segundo um dos *stakeholders* do governo. Recursos humanos também estão sendo capacitados na Suíça para estruturar o repositório nacional e montar sua ontologia de classificação dos coeficientes técnicos.

Os bancos de dados devem ser abastecidos com dados certificados e adaptados ao caso brasileiro. É necessário adaptar as análises entre regiões no Brasil, em especial devido à mudança das condições ambientais e climáticas. Por exemplo, a ACV da castanha-de-caju será específica para o ecossistema da região produtora. Outro aspecto importante é que os repositórios de informações de ACV caducam rapidamente devido à dinâmica tecnológica. Neste sentido, um ator governamental propõe uma “virtuosa simplificação” da ACV, que não retire a força da metodologia de ACV, mas torne célere a constante atualização.

Há um descompasso entre as empresas grandes que fazem ACV, e que podem comprar dados para alimentar seus inventários, e as pequenas e médias, que não possuem recursos para isso. Neste sentido, a experiência norte-americana de disponibilizar um *software* de domínio livre para elaborar inventários (ICV) e a AICV é um exemplo a ser seguido de intervenção otimizadora do governo.

O padrão de ACV para a comunidade europeia, o sistema ILCD, está em disputa comercial com o padrão Suíço Ecospold, cujo proprietário é a empresa Ecoinvent. O ILCD é usado pela União Europeia, pelos Estados Unidos e pela China. Há outros sistemas, como o Cades, do México. Em relação aos *softwares* mais usados para a construção da ACV, Gabi e Simapro, os Estados Unidos avançaram nesta pauta e ofereceram ao mercado o *software* aberto OpenLca. Repositórios internacionais, como o EcoIn, têm um papel importante na arquitetura mundial de dados de inventários de ACV.

Em 2010, foi criado o PBACV, com duas ações estratégicas definidas pelo Conmetro: a definição da arquitetura do banco de dados e a utilização deste nas políticas governamentais. Segundo uma das representantes do governo, três processos de ACV estão sendo conduzidos no Brasil: óleo diesel, rochas ornamentais e cobre. Estas ACVs fazem parte do projeto da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) de estruturação do sistema de informação em ACV. O processo é aberto a outros setores/empresas, a partir de um painel de aderência.

É necessário que o PBAVC tenha continuidade, que os estudos sejam feitos e que as informações sejam coletadas. As formas de compartilhamento da informação podem ser de dois tipos: processo agregado e processo unitário. No processo agregado, são cedidos dados médios aos interessados; no processo unitário, os dados primários. O *software* JRC é utilizado no gerenciamento destes bancos de dados. Estas considerações devem fazer parte da política de gestão de banco de dados, a partir de negociação entre Estado e empresas.

Para alimentar os bancos de dados, é necessário respeitar a realidade dos setores produtivos no Brasil. Se os coeficientes técnicos dos inventários estiverem dispersos em relação aos seus valores máximos e mínimos, medidos nos diferentes sistemas de produção de uma cadeia específica de produção, isto pode inviabilizar a solidez do dado a ser compartilhado. Assim, a padronização produtiva é uma meta a ser confrontada no Brasil, pois ela influencia a qualidade dos dados de ACV brasileiros.

O Sistema Brasileiro de Catalogação de Material (Catmat) agrupa em torno de 230 mil itens de compras de materiais. Para o produto caneta, têm-se até trezentos itens possíveis, e assim sucessivamente. Isto mostra o desafio a ser enfrentado para utilizar o esquema PCV/ACV na formação de critérios e requisitos de sustentabilidade para a CPS.

4 DISCUSSÃO

O uso da metodologia pressão-estado-resposta demonstrou ser eficaz em estudos de avaliação de ferramentas que contribuem para a sustentabilidade. Em especial, o uso da matriz S, representando as subcategorias de resposta, demonstrou seu poder analítico ao complementar a capacidade analítica da matriz Swot, representando as subcategorias de Estado, na avaliação de processos de decisão estratégicos. A metodologia provou ser eficaz, como uma ferramenta do PCV, ao oferecer resultados, em um curto espaço de tempo, para estudos qualitativos com *stakeholders*. Ela pode ser aplicada em comissões formadoras de critérios e requisitos de sustentabilidade, em apoio à aplicação da ACV.

A categoria pressão foi expressa em duas subcategorias: pressões internas e externas. A principal pressão interna para adoção da ACV nas políticas públicas é a força que a ACV tem nos círculos científicos da sustentabilidade. Ela é uma marca associada à sustentabilidade na indústria, que agrega valor às marcas empresariais. O Estado pressiona pela adoção da ACV, pois ela irá melhorar sua capacidade de arbitrar conflitos ambientais da produção e fornecerá uma base científica respeitada na sociedade para a formulação dos critérios de sustentabilidade. A pressão externa está ligada à percepção dos *stakeholders* de que a ACV delimita um campo de avanços tecnológicos, em especial na área do *ecodesign*.

A categoria estado está dividida em quatro subcategorias, captadas pelo método da matriz Swot: forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. A principal força da ACV é o seu potencial didático, capaz de explicitar os ciclos produtivos. Isto tem um papel

na instrução das políticas públicas. A popularização da ACV tem gerado uma série de metodologias, ou abordagens, da ACV e de selos associados. A fraqueza central dos sistemas analisados é a falta de abertura para a inovação da ACV nos processos de gestão da produção. Seu custo de construção é caro para as empresas grandes e proibitivo para as pequenas e as médias, mas o que emperra sua disseminação é a falta de informação a respeito de seu papel na melhoria do desempenho ambiental da produção e sua capacidade de simular inovações na produção.

As principais oportunidades estão na crescente preocupação ambiental das pautas comerciais nacionais e internacionais. A ACV vive também um florescimento de oportunidades metodológicas com a convergência de bancos de dados georreferenciados, em que os processos de decisão podem ter a seu dispor a simulação das ações estratégicas antes de elas serem tomadas, não apenas no ambiente de fábrica, mas também no seu contexto socioambiental.

O custo da ACV pode ser diminuído com a construção de um banco de dados nacional, e a disponibilização de um *software* de construção, ao lado da capacitação, pode tornar acessível a ACV no Brasil.

A categoria resposta captada pela matriz S se expressa através das ações a serem tomadas em determinados cenários de futuro: realização, confrontação, estímulo e proteção. No cenário de realização, o Estado integra seus esforços para oferecer um sistema de informação em ACV e instrumentos de TI que barateiam o custo e permitem o acesso de todas as empresas. Para isso, é preciso ver a ACV como inovação e processo de integração ligado a três grandes *stakeholders*: agentes, ações e instrumentos. Outra ação emergente futura é um plano de comunicação eficaz sobre a ACV e seus benefícios.

O setor público, em um cenário de confrontação, com uma maior preocupação com questões ambientais no mercado, deve liderar um processo nacional de capacitação em ACV, com o apoio das associações empresariais dos órgãos de divulgação e fomento das inovações. As cidades brasileiras estão envelhecendo com pegadas ecológicas crescentes e oferecem um campo enorme para inovações.

Um dos principais cenários de estímulo propõe a adoção, pelo Estado, do pensamento de ciclo de vida em uma etapa prévia à ACV, qualitativa e conceitual, para

a construção de consensos entre os *stakeholders*. Esta metodologia contribuiria para aumentar a confiança entre os *stakeholders*. Além disso, é preciso que o Estado estimule a integração entre políticas industriais ligadas à inovação e à integração produtiva.

O cenário de proteção principal para os *stakeholders* da pesquisa é o desenho de uma estratégia de ACV que aumente a confiança e evite a morosidade nos processos de decisão envolvendo o Estado e as empresas.

A governança da informação em ACV avançou no Brasil na definição das regras de funcionamento e no desenho do repositório nacional. Há perspectivas promissoras para que a criação do banco de dados do PBACV se concretize. A definição da arquitetura do banco de dados já tem um formato, que está sendo compartilhado com as empresas. Enquanto isso, o uso dos dados de ACV em políticas públicas continua num passo lento. Empresas estatais, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Petrobras, já utilizam a ACV em suas pesquisas de inovação.

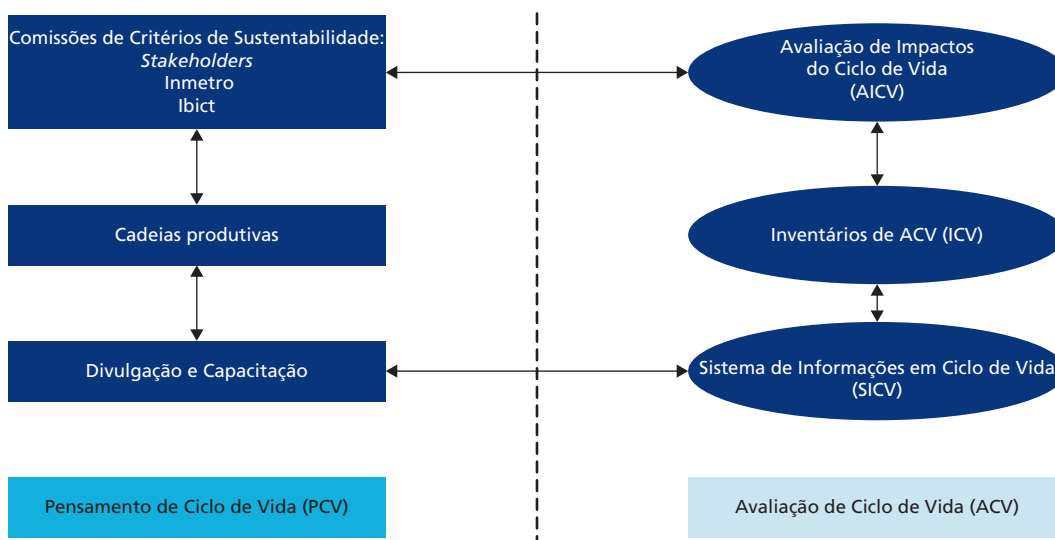
Dois aspectos sistêmicos emergiram da metodologia utilizada e ajudam a responder às seguintes perguntas de pesquisa: *como implementar a ACV nas políticas públicas brasileiras?*; e *qual o papel da governança da informação?* São eles: o desenho da estratégia de ACV adaptado ao caso brasileiro e a metodologia de ACV a ser adotada neste desenho.

O papel do Estado na construção de política é promover o debate e a discussão sobre as etapas do ciclo de vida do produto, bem como o escopo e as dimensões de análise em cada uma delas. Tradicionalmente, segundo um dos *stakeholders* da academia, a postura do empresariado “vai a reboque” do Estado, e a gestão do governo pode ser mais ou menos factível.

O uso do PCV em políticas públicas envolveria a formação de painéis de especialistas para identificar pontos críticos e pontos críticos de controle do sistema de produção. O mapeamento destes pontos críticos dos sistemas produtivos analisados estabeleceria as diretrizes para que comissões passassem a elaborar critérios, requisitos e metas de desempenho a serem cobrados na política pública. Os estudos de ACV seriam utilizados para a avaliação e o direcionamento da política já implantada e para que as empresas pudessem demonstrar a adequação ambiental de seus produtos e serviços (figura 4).

Uma vez estabelecidos os critérios e os requisitos de sustentabilidade para orientar a política pública, o Estado pode utilizar a modelagem de ACV para comparar o desempenho de sustentabilidade antes e depois dos novos requerimentos. O conhecimento adquirido neste exercício pode ser retroalimentado para aperfeiçoar os critérios. Nos casos europeu e brasileiro, o Estado não pode exigir que uma empresa utilize uma ferramenta de gestão como a ACV, mas pode mostrar que esta ferramenta é uma forma de atingir a conformidade com os requisitos estabelecidos pelos critérios.

FIGURA 4
Abordagens do uso da ACV em políticas públicas



Elaboração dos autores.

Para a Unep (2012), o PCV é uma forma de prover informação para os *stakeholders*, para que eles possam fazer as melhores decisões diante dos ciclos de vida de produtos e serviços e seus impactos sociais, ambientais e econômicos. O Ibict (2012) define o PCV como um esforço de integração das dimensões produtivas e ambientais, para a identificação de impactos ambientais em todo o ciclo de vida e a aplicação dos seis erres da sustentabilidade: repensar, reutilizar, reparar, reduzir, repor e reciclar.

Segundo Lazarevic, Buclet e Brandt (2012), o PCV, no ambiente da Comunidade Europeia, refere-se aos aspectos empíricos e qualitativos da avaliação do ciclo de vida que são de domínio da sociedade. Neste sentido, pensamento de ciclo de vida pode ser lido como abordagem de ciclo de vida. A adoção do PCV no setor de resíduos sólidos

da Inglaterra se deu devido a sua flexibilidade, aos seus custos menores e à possibilidade de acessar um conjunto maior de conhecimentos sobre ciclos de vida, em vez de se ater apenas aos estudos específicos de ACV e suas recomendações. O PCV é composto por três grandes fluxos qualitativos: *i*) o fluxo dos problemas sociais, ambientais e econômicos vinculados aos ciclos de vida dos produtos; *ii*) o fluxo das políticas públicas, presentes em determinado ciclo de vida; e *iii*) o fluxo da política e seus *stakeholders*. Quando estes três fluxos convergem, formam-se janelas de oportunidades, que incluem a construção de ACVs (Lazarevic, Buclet e Brandt, 2012).

Nesta pesquisa, o PCV aparece na percepção dos *stakeholders* como uma plataforma de negociação, com o objetivo de identificar os principais pontos críticos e vulnerabilidades ambientais e sociais nas políticas públicas que lidam com abordagens de ciclo de vida e as oportunidades que o uso da ACV pode criar para a melhoria da eficiência produtiva e do desempenho ambiental.

Outra tarefa do PCV é analisar o ciclo de vida das políticas e normatizações que incidem sobre determinado setor, de modo a propor os eixos de construção para novas políticas públicas que utilizem a ferramenta de ACV em alguma das fases da construção da política pública ambiental: na identificação e definição dos problemas, lidando com seus fatores geográficos, históricos, culturais, científicos e econômicos; na inclusão destes problemas na agenda política, com suas escolhas e seus critérios; nos processos de decisão diante da natureza transdisciplinar dos problemas ambientais e sociais; na implementação e nas suas ações concretas; e na avaliação dos impactos da política, de acordo com os objetivos colocados (Bursztyn e Bursztyn, 2013).

Segundo um dos *stakeholders* da academia, a CPS, dada sua conformação institucional, faria melhor uso da ACV na primeira fase de formação da política pública – ou seja, na identificação e na definição dos problemas; e na fase final de avaliação dos impactos e dos resultados da política, em que se buscam identificar os gargalos da política.

Em relação à metodologia de ACV a ser adotada, a necessidade de simplificação foi uma tônica em quase todas as entrevistas. Contudo, a simplificação da ACV deve conduzir primeiramente à reflexão sobre os objetivos da utilização da ACV em políticas públicas. Os *stakeholders* da pesquisa percebem que é necessário baixar os custos da ACV, diminuir o tempo de construção desta e atualizar periodicamente o banco de dados. Além disso, existe a percepção de que se deve buscar, com a ACV, o fortalecimento de

arranjos metodológicos, que integrem os dados sobre coeficientes técnicos de insumos e resíduos e seus impactos ambientais, com dados sobre a capacidade de suporte dos ecossistemas e as variáveis de impacto social, antes que os processos produtivos estejam instalados no território.

A criação de um repositório de dados de ciclos de vida de produtos em comunicação com os repositórios de dados ambientais existentes pode, com a ajuda do pensamento de ciclo de vida, abrir possibilidades de aplicações de metodologias que se alimentem da integração destes dados. O georreferenciamento dos dados pode revelar diversos aspectos do processo produtivo e seus impactos em escalas local e regional (Fong-Rey, 2014).

A construção de um conjunto de ACVs, guiadas pelo desenho metodológico acordado numa plataforma de PCV e associadas a outras metodologias de avaliação de impacto social e econômico, pode se articular para construir uma análise da sustentabilidade do ciclo de vida (ASCV). Neste sentido, esforços metodológicos têm sido feitos para incluir impactos sobre a biodiversidade, sobre recursos hídricos e sobre as mudanças do uso do solo na avaliação de impacto ambiental (Claudino e Talamini, 2013; Guinée *et al.* 2011).

Essas bases de dados podem se comunicar com as bases já existentes na esfera pública, a respeito dos impactos ambientais dos principais setores da economia e de suas pegadas hídrica, energética e de carbono. Esta possibilidade abriria espaço para a construção de uma análise ambiental estratégica (AAE) em escala regional, dedicada a avaliar a sustentabilidade das políticas públicas que façam uso da ACV como ferramenta de apoio à decisão (Partidário, 2012).

Segundo um dos *stakeholders* das associações, muitas empresas não percebem ainda os benefícios tangíveis e intangíveis de uma ACV. O que equivale a dizer que ainda não conhecem seus sistemas de produção e não internalizaram seus riscos. Mas a ACV vem ganhando espaço a partir do receio do risco de reputação e da compreensão de que a ACV não é uma ferramenta de comando e controle, mas sim de gestão.

Em um cenário de internacionalização da economia brasileira que implicasse a adoção da ACV, para fazer frente a um ambiente mais competitivo e inovador, o governo

poderia negociar os tempos de adoção da ACV com os setores empresariais, utilizando plataformas de PCV setoriais. Um primeiro obstáculo a ser enfrentado neste processo, segundo Bursztyn (2015), é a síndrome do “curto-prazismo”, presente no ambiente de construção das políticas públicas no Brasil. Um dos *stakeholders* das associações reafirma esta ideia, ao dizer que os compromissos entre empresas e governo que exijam um prazo alargado de colaboração, como no caso de políticas de mudança climática, ainda são feitos sob uma base enorme de incertezas.

As abordagens de ACV no Brasil necessitam construir uma estratégia de implementação que coordene os fatores principais que regulam as ações do setor público na construção das políticas públicas. Para Bursztyn e Burstzyn (2013), estes fatores determinam se os objetivos da política pública ambiental serão alcançados. São eles: factibilidade da política em meio a conflitos de interesses; uma base legal e programática, com capacidade de exercer instrumentos coercitivos; a presença de instituições políticas consolidadas, com formação constante de seus recursos humanos; integração e harmonia com as demais políticas, num ambiente transversal para as políticas ambientais; consonância com as diretrizes políticas nacionais e suas opções geopolíticas; flexibilidade na criação de novos instrumentos de intervenção; e produção regular de informação sobre a qualidade ambiental, com a definição de indicadores para um monitoramento efetivo.

5 CONCLUSÕES

Uma estratégia que tenha em conta os fatores expostos anteriormente permitirá que a ACV seja explorada, em todo seu potencial, como instrumento de apoio à decisão em políticas públicas. Este potencial existe, como visto, ao longo das diferentes etapas e nos diferentes formatos da AVC. A construção de uma plataforma de pensamento de ciclo de vida, por sua vez, torna-se valiosa por si só, na medida em que seja capaz de difundir conceitos, métodos e dados relativos às diferentes possibilidades da ACV, sejam quais forem os cenários de adoção e implementação desta. A concretização dessas iniciativas, necessária para uma gestão adequada de matéria e energia pela atual economia, será de vital importância na superação de todos os desafios ambientais que o futuro próximo impõe ao Brasil, como a conservação de ecossistemas; a qualidade social e ambiental dos ambientes construídos; e a minimização e a mitigação das mudanças climáticas no planeta.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro: ABNT, nov. 2001. (NBR ISO 14040). Disponível em: <<http://goo.gl/Bzhx0T>>.
- AGUIRRE, K. *et al.* **Lifecycle analysis comparison of a battery electric vehicle and a conventional gasoline vehicle**. California: Ucla, 2012. (Technical report).
- ANTÖN, L. A.; DÍAZ, J. Integration of LCA and BIM for sustainable construction. **International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering**, v. 8, n. 5, p. 1378-1382, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/NKc9QW>>.
- BARDELLINE, J. Transparency, regulations drive LCA popularity. **Greenbizz**, 17 May 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/sC6wo3>>. Acesso em: 12 ago. 2015.
- BATISTA, E. The poop on eco-friendly diapers. **Wired Online Magazine**, 27 Apr. 2004. Disponível em: <<http://goo.gl/c2OHZD>>. Acesso em: 21 ago. 2015.
- BERTALANFFY, L. V. Ludwig von Bertalanffy: passages from general system theory. **Panarchy blog**, 1968. Disponível em: <<http://goo.gl/2JsocD>>. Acesso em: 21 ago. 2015.
- BLUMENSCHHEIN, R.; MILLER, K.; TOMÈ, M. Inovação e sustentabilidade na indústria da construção: um exercício de ensino no PPG-FAU/UnB. **RBPG**, Brasília, v. 10, n. 21, p. 795-824, out. 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/rQ1fjk>>. Acesso em: 12 out. 2015.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Plano Brasil Maior: plano 2011/2014**. Brasília: Mdic, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/ooVLi0>>.
- BRAS-KLAPWIJK, R. M. Are life cycle assessments a threat to sound public policy making? **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 3, n. 6, p. 333-342, Nov. 1998.
- BURSZTYN, M. **Comunicação oral**. Brasília: CDS, 2015.
- BURSZTYN, M.; BURSZTYN, M. **Fundamentos da política e gestão ambiental: os caminhos do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2013.
- CHEN, H. *et al.* A bibliometric investigation of life cycle assessment research in the web of science databases: critical review. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, n. 10, p. 1674-1685, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/tfHnPG>>.
- CLAUDINO, E. S.; TALAMINI, E. Análise do ciclo de vida (ACV) aplicada ao agronegócio: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 77-85, 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/AqVly4>>.
- CMU – CARNEGIE MELLON UNIVERSITY. **EIO-LCA: free, fast, easy life cycle assessment**. Pittsburgh: CMU, 2015. Disponível em: <<http://www.eiolca.net/index.html>>. Acesso em: 5 out. 2015.

COELHO, O. F. **Céu de Pípiripau**: da tragédia dos comuns à sustentabilidade hídrica. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/KcfSzU>>.

DAVIS, M. 3 myths about product life cycle assessments. **Greenbiz**, 17 May, 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/4HHuj7>>. Acesso em: 12 out. 2015.

DEL DUCE, A. **Life cycle assessment of conventional and electric bicycles**. *In*: EUROBIKE CONGRESS. Friedrichshafen, 2 Sept. 2011.

EC – EUROPEAN COMMISSION. **Reporting on the implementation of Integrated Product Policy (IPP)**: final report, June 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/U6e3v3>>.

_____. **Handbook**: general guide for life cycle assessment – Detailed guidance. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

FONG-REY, L. *et al.* GIS-Based Regionalization of LCA. **Journal of Geoscience and Environment Protection**, n. 2, p. 1-8, 2014.

GANDY, S. Circular economy thinking vs life-cycle assessment. **Ricardo Energy & Environment Blog**, 27 Oct. 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/cHwSH2>>. Acesso em: 21 ago. 2015.

GODET, M.; DURANCE, P. **A perspectiva estratégica para as empresas e os territórios**. Paris: Unesco; Dunod, 2008. (Caderno, n. 20). Disponível em: <<http://goo.gl/SML9Ak>>.

GOMES, V.; SAADE, M.; SILVA, M. Influence of service life, strength and cement type on life cycle environmental performance of concrete. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, v. 6, n. 6, p. 844-853, 2013.

GUINÉE, J. *et al.* Life cycle assessment: past, present, and future. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 1, p. 90-96, 2011.

HELMS, M.; NIXON, J. Exploring Swot analysis: where are we now? A review of academic research from the last decade. **Journal of Strategy and Management**, v. 3, n. 3, p. 215-251, 2010.

IAM – INTERNATIONAL AFFAIRS MINISTRY. Office of the Ambassador at large for Corporate Social Responsibility. **The French legislation on extra-financial reporting**: built on consensus. Paris: IAM, Dec. 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/lBx1TS>>.

IBICT – INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **O pensamento do ciclo de vida**: uma história de descobertas. Brasília: Ibict, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/hLLtVv>>.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Japan: Iges, 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/Ofump>>. Acesso em: 12 out. 2015.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Environmental labels and declarations: type III – Environmental declarations, principles and procedures.** ISO 14025:2006-en. Geneve: ISO, 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/Xw8FWo>>. Acesso em: 12 out. 2015.

_____. **ISO 14044:20**: environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/KA8fa0>>.

_____. **Sustainable procurement**: issue from the London plenary. *In*: SEMINÁRIO SOBRE COMPRAS SUSTENTÁVEIS. Brasília: ABNT, 2015. (Pr. ISO 20400 version).

JOHN, V. M.; PACCA, S. A.; ANGULO, S. C. **Avaliação do ciclo de vida modular para construção sustentável.** São Paulo: Associação Brasileira do Cimento Portland, 2014. (Documento para discussão).

LAZAREVIC, D.; BUCLET, N.; BRANDT, N. The application of life cycle thinking in the context of European waste policy. **Journal of Cleaner Production**, v. 29, n. 30, p. 199-207, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/apuZEH>>. Acesso em: 12 maio 2015.

LIMA, A.; CALDEIRA-PIRES, A.; KIPERSTOK, A. **Evolução dos trabalhos de avaliação do ciclo de vida nas instituições acadêmicas brasileiras.** *In*: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL CICLO DE VIDA. São Paulo, 2007.

LIMA, E. Embrapa oferece treinamento em avaliação de ciclo de vida. **Informativo Embrapa Meio Ambiente**, 24 out. 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/fO5I1W>>. Acesso em: 5 out. 2015.

MACLEAN H. L.; LAVE L. B. Life cycle assessment of automobile/fuel options. **Environmental Science & Technology**, n. 37, p. 5445-5452, 2003. Disponível em: <<http://goo.gl/t9bxFD>>.

MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, A. *et al.* Comparison of potential environmental impacts on the production and use of high and low sulfur regular diesel by life cycle assessment. **CT&F: ciencia, tecnología y futuro**, Colombia, v. 4, n. 4, p. 123-138, Dec. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/kgyqk9>>. Acesso em: 12 out. 2015.

MEIJER, A. **The significance of indoor air emissions in life cycle assessment of dwellings.** *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE IN SUSTAINABLE URBAN AREAS. Amsterdam: OTB Research Institute, 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/Eyt7yh>>.

MELTON, P. The mismeasure of buildings: five reasons life-cycle assessment will not give us zero-impact design. **Building Green**, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/2Y1ZfD>>. Acesso em: 12 out. 2015.

MINTER, A. How a ban on plastic bags can go wrong. **Bloomberg View Blog**, 18 Aug. 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/AEmqkm>>. Acesso em: 21 ago. 2015.

NEALER, R. How clean are electric cars? A life cycle assessment of advanced vehicle technologies. **Union of Concerned Scientists**, 18 Sept. 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/oh6sRQ>>. Acesso em: 12 out. 2015.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Towards sustainable development: indicators to measure progress.** France: OECD, 2000. Disponível em: <<http://goo.gl/L5EMK2>>.

PARTIDÁRIO, M. R. **Strategic environmental assessment: better practice guide.** Lisbon: Portuguese Environment Agency; Redes Energéticas Nacionais, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/51JnbK>>.

REED, D. **Life-cycle assessment in government policy in the United States.** 2012. Thesis (Doctoral Dissertations) – University of Tennessee, Tennessee, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/Nvu1O0>>.

SENGE, P. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende.** 27. ed. Rio de Janeiro: BestSeller, 2011.

TEEHAN P.; KANDLIKAR, M. Comparing embodied greenhouse gas emissions of modern computing and electronics products. **Environmental Science & Technology**, v. 47, n. 9, p. 3997-4003, 2013.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Greening the economy through life cycle thinking: ten years of the Unep/Setac Life Cycle Initiative.** Kenya: Unep, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/KEjF82>>.

WHYTE, A. V. T. **Guidelines for field studies in environmental perception.** Paris: Unesco, 1977. (MAB Technical Notes, n. 5). Disponível em: <<http://goo.gl/534dK6>>.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth.** 6. ed. Canada: New Society Publishers, 1996.

WFN – WATER FOOTPRINT NETWORK. What is a water footprint? **WFN**, [s.d.]. Disponível em: <<http://goo.gl/gFcxVu>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

APÊNDICE

QUADRO A.1 Participantes da pesquisa

Setor academia
<p>Professor doutor Armando Caldeira, do Departamento de Engenharia Mecânica e do Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) da Universidade de Brasília (UnB).</p> <p>Professor doutor Maurício Amazonas, do CDS/UnB.</p> <p>Professora doutora Raquel Naves Blumenschein, coordenadora do Laboratório do Ambiente Construído, Inclusão e Sustentabilidade (Lacis), pertencente à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), do CDS da Faculdade UnB Gama (FGA), e diretora do Centro de Excelência de Building Research Establishment (BRE) da UnB.</p>
Setor governo
<p>Beatriz Carneiro, coordenadora-geral de Análise de Competitividade e Desenvolvimento Sustentável; e Demétrio Filho, assessor técnico da Comissão Técnica do Plano Indústria, pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Mdic).</p> <p>Fernanda Daltro, especialista em consumo sustentável; e Flávia Fangetto, especialista em mudança climática pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Unep).</p> <p>Cecília Oliveira, diretora; e Tiago Braga, chefe da Divisão de Desenvolvimento de Inovação em Produtos de Informação pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict).</p> <p>Zilda Maria Faria Veloso, diretora de Ambiente Urbano da secretária de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (MMA).</p> <p>Maria Aparecida Martinelli, gerente da Divisão de Articulação Externa e Desenvolvimento de Projetos Especiais (Diape) e da Diretoria da Qualidade; e Maria Teresa Rodrigues, secretária-executiva da Certificação Florestal (Cerflor), do Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC), representando o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).</p> <p>Ariel Pares, secretário-executivo da Secretária de Assuntos Estratégicos (SAE).</p>
Setor associações empresariais
<p>Mário Cardoso, especialista em Política e Indústria da Gerência Executiva de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Gemás), da Confederação Nacional da Indústria (CNI).</p> <p>Mário Esper, gerente de Relações Institucionais da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).</p> <p>Fernando Malta, assessor técnico em Relações Institucionais do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS).</p>

ANEXO

QUESTIONÁRIO DA PESQUISA

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)

Projeto de Pesquisa “Sustentabilidade Urbana e Regional no Brasil”

Subprojeto de Pesquisa “Análise do Uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) em Políticas Públicas”.

Questionário da pesquisa

Primeiro bloco de perguntas: pressão

Pergunta principal: Quais as pressões internas e externas para a adoção da ACV no Brasil e da criação de um repositório de informações (armazenamento e gerenciamento) das análises de ciclo de vida?

Perguntas secundárias:

1. A abordagem de avaliação de ciclo de vida (ACV) pode ser usada para apoiar políticas públicas ambientais e sociais? Que papel a ACV tem desempenhado nos processos de decisão públicos?
2. Quais os principais fatores necessários para o seu uso?
3. A ACV é uma tendência a ser adotada em todos os países? Quais as diferenças entre seu uso no Brasil e no exterior?

Segundo bloco de perguntas: estado

Pergunta principal: Qual o estado atual do Brasil em relação à adoção da ACV? Quais as potencialidades do contexto nacional para esta adoção, bem como suas debilidades? Quais são as principais oportunidades para esta adoção e suas possíveis ameaças?

Perguntas secundárias:

1. Quais os principais fatores determinantes na difusão da prática de ACV? Como a ACV é difundida no Brasil?
2. De que forma a ACV pode apoiar os processos de tomada de decisão em políticas públicas? Quais as oportunidades para o seu uso?
3. Quais os aspectos em que a abordagem de ACV necessita ser complementada com outras abordagens? Quais as limitações em sua utilização?
4. Em que setores da economia, ou políticas públicas, a abordagem de ACV não é aplicável?

Terceiro bloco de perguntas: resposta

Pergunta principal: Diante das pressões exercidas para a adoção da ACV no Brasil e das características do contexto nacional, quais os cenários de futuro para seu uso e o gerenciamento de suas informações?

Perguntas secundárias:

1. Que tipo de empresa ou órgão do governo tem efetivamente utilizado a abordagem de ACV e por quê?
2. Qual a distância entre as potencialidades metodológicas e tecnológicas da abordagem de ACV e o que o mercado efetivamente realiza? Haveria resistências ao seu uso no mercado nacional?
3. Quais setores ou *stakeholders* são mais resistentes quanto à adoção da prática de ACV? Havendo resistências à abordagem de ACV, como seria possível contorná-las? Qual o papel do custo de implementação da ACV neste contexto?
4. Quais as situações a serem evitadas para a adoção da ACV nas esferas pública e privada?

Quarto bloco de perguntas: governança da informação

Questão principal: Quais os repositórios de informação para metodologias que lidam com o pensamento do ciclo de vida no Brasil? Como estimular a construção destes repositórios?

EDITORIAL

Coordenação

Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão

Everson da Silva Moura

Reginaldo da Silva Domingos

Revisão

Clícia Silveira Rodrigues

Idalina Barbara de Castro

Leonardo Moreira Vallejo

Marcelo Araujo de Sales Aguiar

Marco Aurélio Dias Pires

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Alessandra Farias da Silva (estagiária)

Paulo Ubiratan Araujo Sobrinho (estagiário)

Pedro Henrique Ximendes Aragão (estagiário)

Thayles Moura dos Santos (estagiária)

Editoração

Bernar José Vieira

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniella Silva Nogueira

Danilo Leite de Macedo Tavares

Jeovah Herculano Szervinsk Junior

Leonardo Hideki Higa

Raul Vinicius Fernandes Gonçalves (estagiário)

Capa

Luís Cláudio Cardoso da Silva

Projeto Gráfico

Renato Rodrigues Bueno

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Livraria Ipea

SBS – Quadra 1 - Bloco J - Ed. BNDES, Térreo.

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 2026-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO
**PLANEJAMENTO,
DESENVOLVIMENTO E GESTÃO**

