

Análise comparativa do ciclo de vida de paredes construídas com blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco

Relatório final

Revisado por equipe especializada

Preparado para:

ANICER

11 de maio de 2012

Sobre a Quantis

A Quantis é uma empresa líder em consultoria da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) especializada em assessorar empresas para medição, entendimento e gerenciamento dos impactos ambientais de seus produtos, serviços e operações.

A Quantis é uma empresa global com escritórios nos Estados Unidos, Canadá, Suíça e França e emprega aproximadamente 70 pessoas, entre as quais especialistas renomados no campo da ACV.

A Quantis oferece serviço de ponta nas emissões ambientais (indicadores múltiplos incluindo carbono e água), design ecológico, fornece cadeias sustentáveis e comunicação ambiental. A empresa também proporciona inovações em software ACV, Quantis SUITE 2.0, o qual permite que as organizações avaliem, analisem e gerenciem suas emissões com facilidade. Impulsionada por seu laço estreito com a comunidade científica e com pesquisas estratégicas de colaboração, a Quantis tem uma forte tradição em aplicar seus conhecimentos e competência para acompanhar seus clientes na transformação dos resultados da ACV em decisões e planos de ação. Mais informações podem ser encontradas em www.quantis-intl.com. Este relatório foi preparado pelo escritório canadense da Quantis. Direcione todas as questões a que se refere o presente relatório para:

Quantis Canada

395 Laurier St. West

Montreal, Quebec

Canada, H2V 2K3

+1 (514) 439-9724

info.canada@quantis-intl.com

Título do projeto	Análise comparativa do ciclo de vida de paredes construídas com blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco.
Organização contratante	ANICER
Termo de responsabilidade	As informações contidas neste relatório foram compiladas e/ou calculadas a partir de fontes consideradas credíveis. A aplicação dos dados é estritamente a critério e de responsabilidade do leitor. A Quantis não se responsabiliza por qualquer perda ou dano decorrente da utilização das informações contidas neste documento.
Versão	1.3: Relatório Final. Revisado por equipe de especialistas
Equipe do projeto	Gerente de projeto: Mia Lafontaine (mia.lafontaine@quantis-intl.com) Analista: Benoit Chappert (benoit.chappert@quantis-intl.com) Analista e Gerente de projeto: Karine Kicak (karine.kicak@quantis-intl.com) Controle de Qualidade: François Charron-Doucet (francois.charron@quantis-intl.com)
Contato do cliente	Fernanda Duarte, ANICER (presidencia@anicer.com.br)
Revisores externos	Consultor ACV: Marisa Vieira, Consultora PRÉ(vieira@pre-sustainability.com) Consultor ACV: Cássia Ugaya, ACV Brasil Coordenador do Núcleo de Tecnologia da Escola Senai Mario Amato: Carlos Augusto Xavier Santos, Supervisora do Laboratório do Centro Nacional de Tecnologia em Construção: Rosa Maria Crescencio, Escola Senai Orlando LavieriFerraiuolo
Colaboradores no exterior	Danielle Maia de Souza, Colaboradora brasileira (danimaiasouza@gmx.net)

Sumário executivo

A Avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma abordagem reconhecida internacionalmente que avalia o potencial impacto no meio ambiente e na saúde humana, iniciando com a extração de matérias-primas, incluindo transporte, produção, uso, e finalizando com o tratamento do fim da vida útil. Entre outras aplicações, ACV pode identificar oportunidades para melhorar o desempenho ambiental dos produtos em vários pontos do seu ciclo de vida, informar a tomada de decisões e dar suporte na área de marketing e comunicação. A ACV é cada vez mais utilizada na indústria de construção civil para avaliar o desempenho ambiental na construção de edifícios, dos materiais de construção e das demais práticas construtivas. Com o atual crescimento das vendas de material de construção no Brasil, há uma grande oportunidade para a ANICER, Associação Nacional da Indústria Cerâmica, promover as vantagens dos produtos cerâmicos e auxiliar no posicionamento deste material no que diz respeito aos seus equivalentes funcionais e direcionar as tomadas de decisão no sentido da construção verde. Neste estudo, o impacto ambiental do ciclo de vida das paredes construídas com blocos cerâmicos com o equivalente funcional de paredes construídas com blocos de concreto e concreto armado moldado in loco.

Os dados primários foram fornecidos pela ANICER para melhor representar as médias da indústria na produção de blocos cerâmicos no Brasil. Os dados primários também foram fornecidos, na medida do possível, pela produção dos blocos de concreto e concreto armado moldado in loco. Os dados secundários foram também extraídos daecoinvent, um banco de dados de inventário do ciclo de vida reconhecido internacionalmente.

A figura 1 representa os resultados comparativos gerais do estudo da ACV. As paredes de blocos cerâmicos parecem ter menos impacto do que as paredes de blocos de concreto na mudança climática, esgotamento de recursos e retirada de água. A diferença entre estas duas paredes em termos de Saúde Humana e Qualidade do Ecossistema, contudo, é considerada muito pouco significativa. Quando comparada com a parede construída de concreto armado moldado in loco, a parede de bloco cerâmico parece ter menos impacto com a Mudança Climática, o Esgotamento de Recursos e a Retirada de Água. Mais uma vez, a diferença entre estas duas paredes em termos de Saúde Humana e Qualidade do Ecossistema é, no entanto, muito pequena para ser considerada significativa.

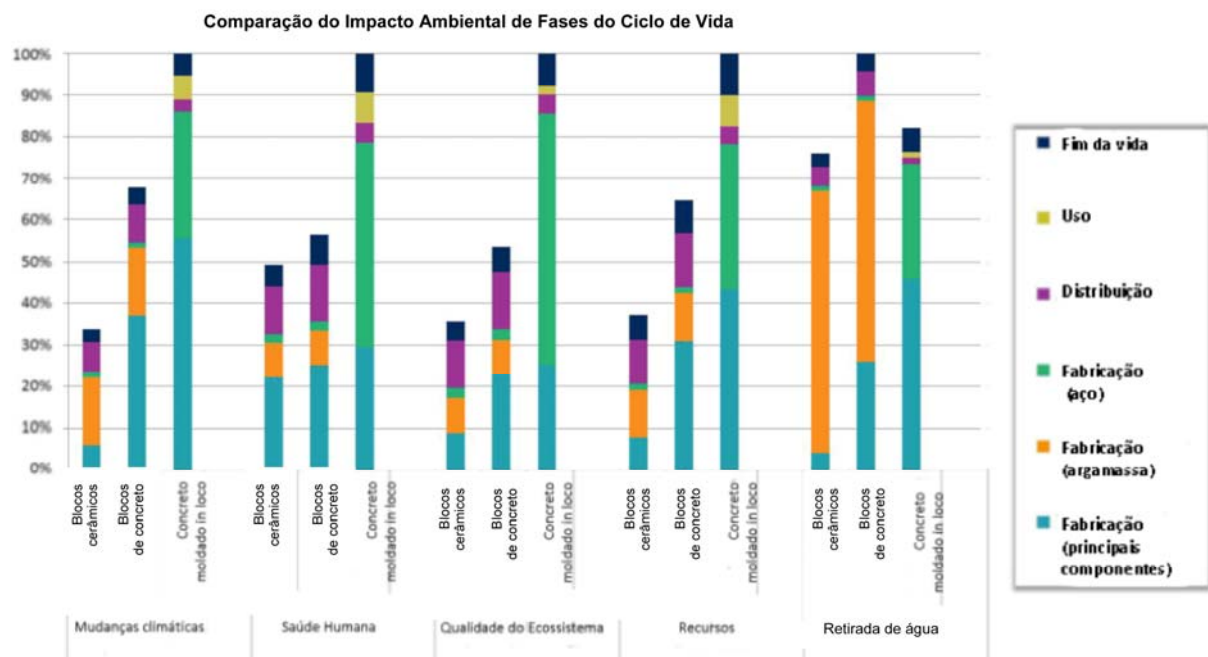


Figura 1 – Resultados da ACV comparativa de paredes construídas com blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco

Os resultados comparativos das paredes construídas de bloco cerâmico versus bloco de concreto e concreto armado moldado in loco são praticamente semelhantes, ambos usando recursos naturais com variação no grau de transformação aplicados ao material de construção durável. No entanto, os processos de fabricação são muito diferentes. Os blocos de concreto exigem calcário e argila para serem calcinados com o cimento a altas temperaturas, alcançando 1450°C (SNIC, 2011), produzindo um material intermediário que será posto no produto final usando somente areia e água, seco ao ar livre na temperatura ambiente. Além disso, as altas temperaturas do processo de clínquerização exigem uma combustão mais intensa, utilizando-se, na maior parte das vezes, de combustíveis fósseis. Já para a produção de blocos cerâmicos, a temperatura do forno é mais baixa, próxima de 950°C (Bauman, 2004) enquanto o bloco inteiro deve ser cozido por mais tempo. Como o cimento constitui 20% dos blocos de concreto (ANICER, 2012), a energia necessária para cada m² de parede é muito maior para paredes feitas de concreto. Como resultado do uso de energia de combustíveis fósseis para a produção, o processo de fabricação do concreto tem grande impacto na mudança climática e esgotamento de recursos. Ao contrário, o processo de fabricação da cerâmica utiliza lascas de sobras de madeira como fonte de energia em vez de combustíveis fósseis, reduzindo assim de forma significativa o impacto na mudança climática e no esgotamento de recursos durante a fabricação, enquanto aumenta o impacto na saúde humana proveniente das finas partículas emitidas durante a combustão. No entanto, em termos gerais, uma parede de bloco cerâmico tem menos impacto do que a parede de bloco de concreto em todas as categorias. Os blocos de concreto devem também se destacar por terem grande

impacto na qualidade do ecossistema e na saúde humana; entretanto, a diferença não é muito significativa se comparada ao cenário da construção da parede com bloco cerâmico.

Os impactos obtidos por ambos, a do bloco cerâmico e a dos blocos de concreto e concreto armado moldado in loco, são decorrentes da utilização de diferentes recursos naturais com os vários graus de transformação utilizados no material da construção civil sólida e durável. Contudo, o grau de diferença é principalmente relacionado ao impacto da produção do aço inoxidável para concreto armado moldado in loco na saúde humana e na qualidade do ecossistema, devido à emissão de finas partículas durante o processo de produção da matéria-prima, necessárias para fazer o aço. A produção de aço requer grande quantidade de energia para a sua produção e como a quantidade de aço é 24 vezes maior no bloco de concreto do que a utilizada em paredes de blocos cerâmicos, o impacto nas mudanças climáticas e recursos também são maiores.

Uma avaliação da qualidade de dados identifica que os dados são geralmente de alta qualidade ou de qualidade aceitável, exceto por retirada de água, nos quais não há diferenciação entre as paredes construídas com blocos cerâmicos e as paredes construídas com blocos de concreto e concreto armado moldado in loco.

Analisando a influência dos diferentes parâmetros que apresentam mais incertezas ou cenários alternativos indicam que:

- Algumas variações da vida útil das paredes e da argamassa (menos de dez anos, no que diz respeito ao cenário de 40 anos) não afeta o ranking.
- O uso de processamento de alternativas de matérias-primas como argila "argilito" e areia artificial não tem impacto significativo sobre os resultados gerais.
- A utilização de areia artificial não acrescenta impactos significativos.
- Um aumento significativo das distâncias na distribuição de paredes de blocos de concreto e de concreto armado moldado in loco poderá ocasionar um alto e significativo impacto na saúde humana.
- A embalagem, ou a ausência dela, poderá ter um insignificante impacto global.
- Os cenários que consideram diferentes emissões de cimento, taxas de perdas de blocos e argamassa e outros tipos de estrutura de suporte não revertem as conclusões.
- A quantidade ou a origem das lascas de madeira usadas na etapa da queima dos blocos cerâmicos não é um parâmetro sensível nas conclusões globais.

- A interpretação dos dados usando um método AICV ou um método de repartição para a reutilização de resíduos, não afeta significativamente as conclusões.

Estas análises de sensibilidade, bem como as incertezas das análises realizadas usando iterações Monte-Carlo, têm mostrado que as conclusões desta ACV são sólidas, exceto na categoria de retirada de água.

A ACV desenvolvida identifica algumas chaves para os parâmetros a serem consideradas na decisão entre o uso de blocos cerâmicos e de blocos de concreto e concreto armado moldado in loco. Os resultados de qualquer ACV são em função de muitos fatores, incluindo os pressupostos de modelagem, os dados empregados, escolhas de delimitação dos estudos e unidades funcionais. O contexto deste estudo deve ser considerado quando interpretado e utilizada a informação apresentada neste relatório.

Índice

Índice.....	ix
Lista de tabelas	xii
Lista de figuras	xii
Abreviações e siglas	15
2 Objetivo e escopo do estudo	17
2.1 Objetivos e aplicação pretendida	17
2.2 Descrição dos produtos estudados.....	17
2.3 Função estudada, unidade funcional e fluxos de referência	19
2.4 Limites do Sistema	Erro! Indicador não definido.
2.4.1 Descrição do sistema geral	24
2.4.2 Limite temporal e geográfico.....	30
2.5 Metodologia de alocação.....	30
2.5.1 Abordagem de limite	31
2.6 Inventário de dados, fontes e hipóteses sobre o ciclo de vida.....	31
2.6.1 Coleta de dados.....	31
2.6.2 Hipóteses	Erro! Indicador não definido.
2.7 Pressuposto do impacto no ciclo de vida.....	36
2.8 Análise de sensibilidade	Erro! Indicador não definido.
2.9 Análises das incertezas	38
2.9.1 Inventário de análise de incerteza dos dados - Monte-Carlo	38
2.9.2 Caracterização de análises dos modelos de incertezas	38
2.10 Revisão crítica	39
3 Resultados.....	41

3.1	Hipóteses comparativas.....	41
3.2	Análises da contribuição	45
3.2.1	Paredes de blocos cerâmicos.....	45
3.2.2	Parede de blocos de concreto.....	50
3.2.3	Parede de concreto armado moldado in loco	55
3.3	Avaliação da qualidade do inventário de dados	59
3.4	Análise de sensibilidade.....	64
3.4.1	Vida útil dos blocos cerâmicos comparados com os blocos de concreto.....	64
3.4.2	Vida útil do bloco cerâmico comparado a de concreto moldado.....	65
3.4.3	Uso do argilito na extração de argila	66
3.4.4	Utilização de areia artificial na produção de concreto	67
3.4.5	Distâncias de transportes para distribuição dos blocos	67
3.4.6	Uso de embalagem para bloco cerâmico.....	68
3.4.7	Emissões de produção de cimento	68
3.4.8	Índice de perda de cimento e argamassa	70
3.4.9	Tipos de formas de estrutura de apoio.....	70
3.4.10	Quantidade de lascas de madeira.....	71
3.4.11	Origem das lascas de madeira	73
3.4.12	Resultados usando diferentes métodos de alocação	73
3.4.13	Resultados usando ReCiPe como método de AICV.....	75
3.5	Avaliação da incerteza por Monte-Carlo	76
3.5.1	Bloco cerâmico versus bloco de concreto	77
3.5.2	Paredes de blocos cerâmicos versus paredes com concreto armado in loco	78
4	Discussão.....	78

4.1	Conclusões	79
4.1.1	Bloco cerâmico versus bloco de concreto	79
4.1.2	Bloco cerâmico versus bloco de concreto armado moldado in loco	79
4.1.3	Análise de incerteza e análise de sensibilidade	80
4.1.4	Recomendações	80
4.1.5	Aplicações e limitações do estudo	81
5	Referências.....	84
6	Apêndices.....	86
6.1	Apêndice A – Descrição da metodologia ACV.....	86
6.2	Apêndice B – Entradas de materiais e energia	95
6.3	Apêndice C - Legenda da avaliação da qualidade dos dados.....	102
6.4	Apêndice D - Resultados da AICV.....	103
6.5	Apêndice E - Categoria de contribuição de dano por categoria de impacto	106
6.6	Apêndice F - Resultados da avaliação de incerteza de Monte-Carlo.....	107
6.7	Apêndice G - Resultados das análises de sensibilidade	111
6.8	Apêndice H - Revisão crítica.....	116
6.9	Apêndice I - Declaração de Revisão	124

Lista de tabelas

Tabela 2-1 – Principais características dos produtos estudados	18
Tabela 2-2 – Descrição do Sistema Geral.....	24
Tabela 2-3 – Média brasileira da rede elétrica mista em 2004 incluindo exportação (SCLCI, 2010)	33
Tabela 2-4 – Média da mistura de combustíveis no processo de clínquerização no Brasil.....	35
Tabela 2-5 - Membros do grupo de Revisão Crítica.....	39
Tabela 3-1 - Ponto médio comparativo de resultados da ACV para paredes de blocos cerâmicos versus blocos de concreto e concreto armado moldado in loco (1 m ²) (IMPACT 2002+)	42
Tabela 3-2 - Indicadores comparativos da ACV com resultados para paredes de blocos cerâmicos versus blocos de concreto e paredes de concreto armado moldado in loco (1 m ²) (IMPACT 2002+)	43
Tabela 3-3 - Avaliação de qualidade de dados para ACV de parede de bloco cerâmico.....	59
Tabela 3-4 - Avaliação de qualidade de dados para ACV de parede de bloco de concreto	61
Tabela 3-5 - Avaliação da qualidade de dados para o LCA de parede de concreto armado	62
Tabela 3-6 - Resultado comparativo da média de pontos ACV do bloco cerâmico e do concreto armado moldado in loco (1 m ²) (IMPACT 2002+e ReCiPe).....	75

Lista de figuras

Figura 2-1 - Limites de Abordagem - ciclo de vida de paredes de blocos cerâmicos	21
Figura 2-2 - Limites de Abordagem - ciclo de vida de paredes de blocos de concreto	22
Figura 2-3 – Limites de abordagem - ciclo de vida de paredes com concreto armado in loco	23
Figura 3-1 - Indicadores comparativos da ACV com resultados para paredes de blocos cerâmicos versus blocos de concreto e paredes de concreto armado moldado in loco (1 m ²) (IMPACT 2002+)	44
Figura 3-2 – Contribuição ao impacto dos estágios do ciclo de vida nas Mudanças Climáticas para a parede de bloco cerâmico	46

Figura 3-3 – Contribuição para o impacto na Saúde Humana dos estágios do ciclo de vida para a parede de bloco cerâmico.....	47
Figura 3-4 – Contribuição para o impacto na Qualidade do Ecossistema dos estágios do ciclo de vida para paredes de blocos cerâmicos.....	48
Figura 3-5 - Contribuição para o impacto dos estágios do ciclo de vida no Esgotamento de Recursos de paredes de blocos cerâmicos.....	49
Figura 3-6 – Contribuição para o impacto dos estágios do ciclo de vida na Retirada de Água para Parede de blocos cerâmicos.....	49
Figura 3-7 – Contribuição para o impacto nas Mudanças Climáticas dos estágios do ciclo de vida para parede de blocos de concreto	50
Figura 3-8 - Contribuição do impacto na Saúde Humana dos estágios do ciclo de vida de Parede de blocos de concreto.....	51
Figura 3-9 – Contribuição para o impacto dos estágios do ciclo de vida na Qualidade do Ecossistema para Paredes de blocos de concreto	52
Figura 3-10 - Contribuição para o impacto dos estágios do ciclo de vida no Esgotamento dos Recursos para parede de blocos de concreto	53
Figura 3-11 – Impacto de Retirada de Água para parede de blocos de concreto	54
Figura 3-12 – Contribuição dos estágios do ciclo de vida para o impacto na Mudança Climática de parede de concreto armado.....	55
Figura 3-13 - Contribuição dos estágios do ciclo de vida para impactos na Saúde Humana de parede de concreto armado moldado in loco.....	56
Figura 3-14 – Contribuição dos estágios do ciclo de vida para o impacto na Qualidade do Ecossistema de paredes de concreto armado moldado in loco.....	57
Figura 3-15 - Contribuição dos estágios do ciclo de vida para o impacto no Esgotamento de Recursos de parede de concreto armado moldado in loco	57
Figura 3-16 – Impacto na retirada de água de parede de concreto armado moldado in loco.....	58

Figura 3-17 - Análise de sensibilidade na vida útil de paredes com blocos cerâmicos versus paredes com blocos de concreto.....	65
Figura 3-18 - Análise de sensibilidade de vida útil de paredes com blocos cerâmicos versus paredes com concreto armado in loco	66
Figura 3-19 - Análise de sensibilidade em distâncias de distribuição.....	67
Figura 3-20 - Análise de sensibilidade das emissões da produção de cimento	69
Figura 3-21 – Análise de sensibilidade de índices de perda de blocos e argamassa	70
Figura 3-22 - Tipos de análise de sensibilidade de formas de estrutura de apoio	71
Figura 3-23 - Análise de sensibilidade na quantidade de lascas de madeira no processo de queima	72
Figura 3-24 - Análise de sensibilidade da quantidade de lascas de madeira usadas na queima.....	73
Figura 3-25 - Análise de sensibilidade de parede de concreto armado moldado in loco com argamassa	74

Abreviações e Siglas

1	ABRAMAT	2	Associação Brasileira da Indústria de Material de Construção
3	ANICER	4	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
	BEEP		Conselho de Administração e Processos Ambientais
	BOF		Altos Fornos e Conversor de Oxigênio
	CAC		Associação dos Fabricantes de Cimento do Canadá
	CH ₄		Metano
	CCAP		Centro para a Política do Ar Limpo
	CO ₂		Dióxido de Carbono
	DALY		Deficiência proporcional ao número de anos
	EAF		Forno Elétrico de Arco
	GWP		Potencial de Aquecimento Global
	HP		Cavalo-vapor
	IEA		Agência de Energia Internacional
	IPCC		Grupo de Trabalho Intergovernamental de Mudanças Climáticas
	ISO		Organização Internacional de Normalização
	ACV		Análise do Ciclo de Vida
	ICV		Inventário do Ciclo de Vida
	AICV		Análise de Impacto do Ciclo de Vida
	PCA		Associação de Fabricantes de Cimento de Portland
	PDF*m ² *ano		Fração potencialmente insignificante por metro quadrado de terra por ano
	PM _{2.5}		Partículas Finas
	Kg		Quilograma = 1.000 gramas (g)
	kWh		Quilowatt-hora = 3.600.000 joules (j)
	MJ		Megajoule = 1.000.000 joules
	NO _x		Óxido de Nitrogênio
	SCLCI		Centro Suíço de Inventário para Ciclos de Vida
	SNIC		Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
	WBDG		Guia de Design da Construção de Edifícios

1 Introdução

O aumento da preocupação com a importância das consequências e do impacto ao meio ambiente associados com produtos e serviços tem provocado a inovação dos métodos para melhor compreensão e pró-ação gerencial destes impactos potenciais. A melhor ferramenta para alcançar isto – e a única que pode avaliar globalmente todas as fontes e tipos de impacto - é a ACV – Avaliação do Ciclo de Vida, um sistema definido pela Organização Internacional de Normalização (ISO) 14040-14044 padronizações (ISO 14040 2006; ISO 14044 2006).

A ACV é uma abordagem reconhecida internacionalmente que avalia o potencial do impacto na saúde humana e no meio ambiente associado aos produtos e serviços em todo seu ciclo de vida, começando com a extração de matérias-primas, incluindo transporte, produção, utilização e o tratamento final. Entre outras aplicações, a ACV pode identificar oportunidades para melhorar o desempenho ambiental dos produtos em vários pontos no seu ciclo de vida, informar a tomada de decisões e dar suporte na área de marketing e comunicação. É importante notar, no entanto, que os impactos descritos pela ACV são estimativas dos impactos potenciais, em vez de medições diretas dos impactos reais.

A ACV é cada vez mais utilizada pela indústria da construção civil para avaliar o desempenho ambiental dos edifícios, materiais de construção e demais práticas de construção. A Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (Abramat) prevê um crescimento de 8,8% nas vendas de materiais de construção no Brasil em 2011, enquanto as vendas devem crescer 48% nos próximos cinco anos (Obelisk, 2011). Face a um mercado em crescimento, há uma grande oportunidade para a ANICER, a Associação Nacional da Indústria Cerâmica, promover as vantagens dos produtos cerâmicos e ajudar a posicionar este material em relação aos seus equivalentes funcionais. Neste estudo, a ANICER optou por comparar o impacto ambiental do ciclo de vida de paredes construídas com blocos cerâmicos em com o equivalente funcional de paredes de blocos de concreto e concreto armado moldado in loco. A revisão por pares foi encomendada para validar a confiabilidade dos resultados e o nível de conformidade com a série ISO 14040, que define as normas de aplicação da ACV.

2 Objetivo e escopo do estudo

Este capítulo descreve o objetivo e o escopo do estudo, juntamente com o sistema metodológico da ACV.

2.1 Objetivos e aplicação pretendida

O escopo de interesse é definido pela comercialização de materiais de construção aplicados em construção de paredes. Esta investigação objetiva acessar, considerando todo o ciclo de vida, o impacto ambiental global da típica parede construída com blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco usados na construção brasileira de paredes. Mais especificamente, os objetivos do estudo são os seguintes:

- I. Identificar e compreender os impactos ambientais sobre o ciclo de vida do bloco cerâmico nas paredes exteriores no Brasil.
- II. Comparar o desempenho ambiental com um dos blocos de concreto nas paredes exteriores e concreto armado moldado in loco nas paredes exteriores no Brasil; e
- III. Avaliar a influência dos pressupostos centrais e as variáveis selecionadas no modelo, como a diferença da durabilidade da vida útil entre os três tipos de material de construção considerados para a construção de paredes externas.

Os resultados deste estudo são destinados a divulgar para o público, por meio do critério da ANICER, e advogar para as vantagens do bloco cerâmico no mercado brasileiro.

De acordo com as normas ISO, se os resultados de uma ACV comparativa forem comunicados publicamente, a revisão crítica é obrigatória. A intenção da revisão de terceiros é aprimorar a qualidade e credibilidade, melhorando assim a aceitação pública do estudo. Para este tipo de estudo, a revisão crítica é conduzida por um painel de avaliadores, incluindo um representante das indústrias de cerâmica e cimento, e um perito em ACV. O processo de revisão está descrito na Seção 2.10.

2.2 Descrição dos produtos estudados

Este estudo está focado na construção de paredes com três diferentes tipos de material: blocos cerâmicos feitos com argila, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco. As características destas opções estão resumidas na Tabela 2-1.

Tabela 2-1 – Principais características dos produtos estudados

Características	Blocos cerâmicos	Blocos de concreto	Concreto armado
Peso do bloco (kg)	7,5	12	-
Espessura da parede	0,14	0,14	0,12
Construção da parede (quantidade de material por 1m ² de fachada)	13 blocos ^{1,2} 15 kg de argamassa por ligante ³ 0,4 kg de haste de aço	13 blocos ^{1,2, 4} 15 kg de argamassa para ligante ³ 0,4 kg de haste de aço	300 kg de concreto ^{1,5} 9,48 kg de haste de aço 22,8 de água ⁶
Argamassa para revestimento (quantidade total/m ² por parede)	62,5 kg de revestimento seco ⁷ 5,75 l de água ⁸	62,5 kg de revestimento seco ⁷ 5,75 l de água ⁸	0
Formas para estrutura de suporte (kg/m ²)	Nenhuma	Nenhuma	0,063 kg de alumínio ¹⁰
Vida útil (anos)	40 ¹¹	40 ¹¹	40 ¹¹

1 Considerando uma perda de 4% (fonte: Anicer).

2 Bloco de 14 cm x 19 cm x 39 cm (fonte: Anicer).

3 Composição de ligamento de argamassa (cimento:cal: areia) de 1:0.6:5 (fonte: Anicer). 0,048kg de água por kg de argamassa seca (Ecoinvent).

4 Composição do bloco: 20% de cimento pesado seco Portland e 80% de areia pesada seca (fonte: Anicer).

5 Mistura de concreto seco (cimento:cal:brita) 1:1.63:2.94. A densidade da mistura de concreto é de 2500 kg/m³ (fonte: Anicer).

6 190 litros de água por m³ de mistura de concreto seco (fonte: Anicer).

7 Mistura de concreto seco (cimento:areia:brita) de 1:1.63:2.94. Pressupõe-se que seja necessário para 0,025 m³ de revestimento por m² de parede e que a densidade da mistura seca seja de 2500 kg/m³ (fonte: Anicer).

8 230 litros de água por m³ de mistura de revestimento (fonte: Anicer).

9 A quantidade de aditivos varia entre 0,45 a 1,34l/100 kg de cimento. Para o cenário da base, será considerado o valor médio de 0,895 l/100 kg de cimento e a análise de sensibilidade será feita conforme a variação da quantidade (fonte: Anicer).

10 Pressupõe-se que os dois painéis de alumínio de 60 kg são usados para cobrir 1,89 m² de parede. A forma pode ser usada 1.000 vezes durante a seu tempo de vida útil.

11 O tempo de vida é baseado no padrão NBR 15575, que requer que as juntas verticais exteriores possuam um mínimo de 40 anos de vida. A argamassa não é renovada dentro destes 40 anos.

Estas características são descritas por representarem uma média na prática da construção de paredes no contexto brasileiro, para cada material, com base no conhecimento da ANICER (com exceção da vida útil do padrão NBR 15575¹).

2.3 Função estudada, unidade funcional e fluxos de referência

A avaliação do ciclo de vida depende de uma "unidade funcional" como referência para avaliar os componentes dentro de um sistema único ou entre vários sistemas com uma base em comum. É fundamental que este parâmetro seja claramente definido com um cenário comparável e equivalente para os dois sistemas comparados.

A unidade funcional para este estudo é definida como:

“A construção e a manutenção de um metro quadrado de parede exterior, sobre o solo, para a duração de 40 anos no Brasil”,

onde “um metro quadrado de parede” significa uma parede que tem a largura de um metro e a altura de um metro e para a qual a profundidade depende do material usado na construção. A construção de paredes cumpre duas funções principais:

- 1) Função estática, ou seja, dar suporte à integridade da estrutura da construção;
- 2) Função de um envelope, que é proteger o interior de um edifício das condições do clima externo (chuva, vento, neve, etc.) enquanto ajuda a manter o isolamento térmico.

As paredes de bloco cerâmico, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco cumprem com esta função. Presume-se que a resistência estrutural da compressão, do isolamento térmico, do isolamento acústico e da estética seja equivalente nas características mostradas na Tabela 2-1.

É importante salientar que no caso dos blocos de concreto e concreto armado moldado in loco, não é necessário ter o mesmo volume de concreto para preencher as funções (resistência de compressão e empenho de tração) desde que o cimento armado permita a redução de concreto sem reduzir a resistência da parede.

¹www.wbdg.org/design/env_wall_masonry.php e
www.wbdg.org/design/env_wall_castinplace_concrete.php

Além do mais, enquanto a parede de bloco cerâmico tem melhor isolamento térmico do que a de bloco de concreto, será considerado que os três tipos de parede apresentam propriedades de isolamento térmico similar.

A unidade funcional estando definida, o seguinte fluxo de referência principal será calculado em:

- Para construir 1 m² de parede frontal com blocos cerâmicos são necessários 13 blocos, totalizando 97,5 kg de cerâmica, 15,0 kg de argamassa ligante, 0,4 kg de aço inoxidável para suporte de estrutura, 62,5 kg de argamassa seca e 5,75 l de água para revestimento;
- Para construir 1 m² de parede frontal com blocos de concreto são necessários 13 blocos, totalizando 156 kg de concreto, 15,0 kg de argamassa ligante, 0,4 kg de aço inoxidável para suporte de estrutura, 62,5 kg de argamassa seca e 5,75 l de água para revestimento;
- Para construir 1 m² de parede frontal com concreto armado moldado in loco, são necessários 300 kg de mistura de concreto seco, 22,8 l de água e 9,48 kg de aço inoxidável, como também 0,24 l aditivos ADIMENT² e 0,063 kg de alumínio para as formas de concreto.

2.4 Limites do sistema

Os limites do sistema identificam as fases do ciclo de vida, os processos e os fluxos considerados na ACV e deve-se incluir todas as atividades necessárias para proporcionar uma função específica e, portanto, relevantes para a consecução dos objetivos do estudo acima referido. Os parágrafos seguintes apresentam uma descrição geral do sistema, bem como os limites temporais e geográficos do presente estudo. AsFigura 2-1, Figura 2-2 e Figura 2-3ilustram os limites do sistema para o ciclo de vida da parede de blocos cerâmicos e paredes de blocos de concreto e concreto armado moldado in loco, respectivamente.

² <http://www.vedacit.com.br/component/content/article/84-aditivos-para-concreto/2-adiment?directory=247>

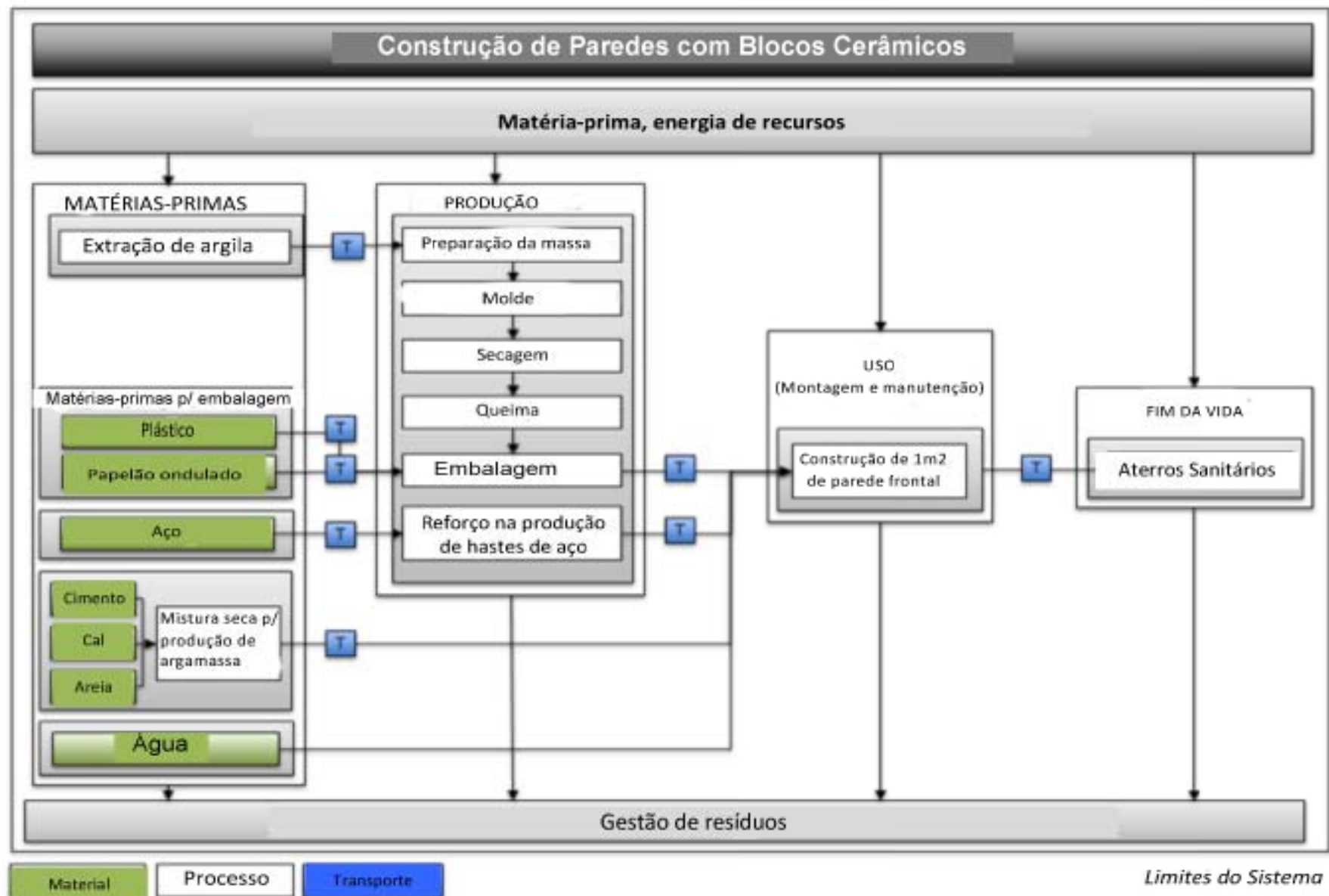


Figura 2-1 - Limites de Abordagem - ciclo de vida de paredes de blocos cerâmicos

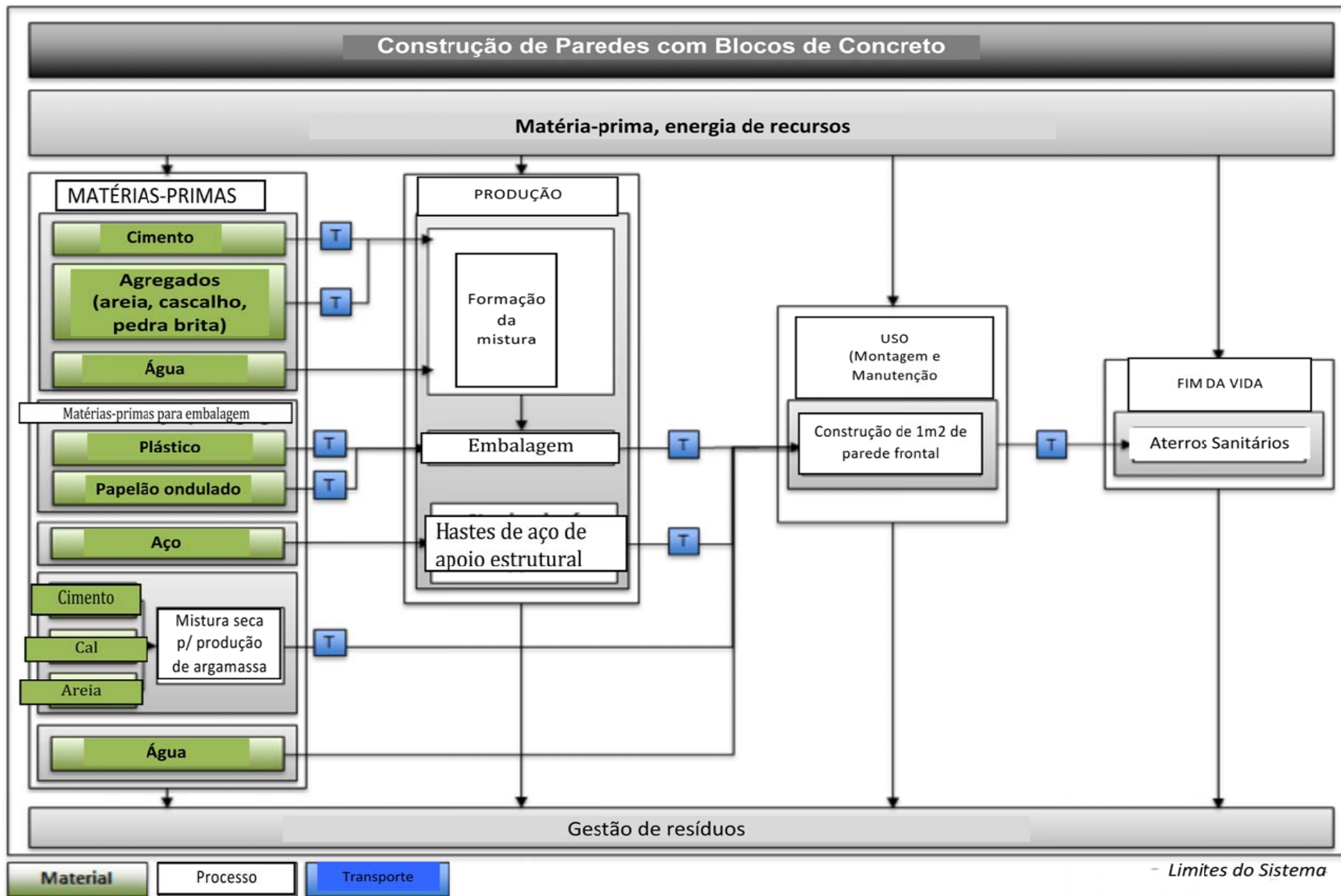


Figura 2-2 - Limites de Abordagem - ciclo de vida de paredes de blocos de concreto

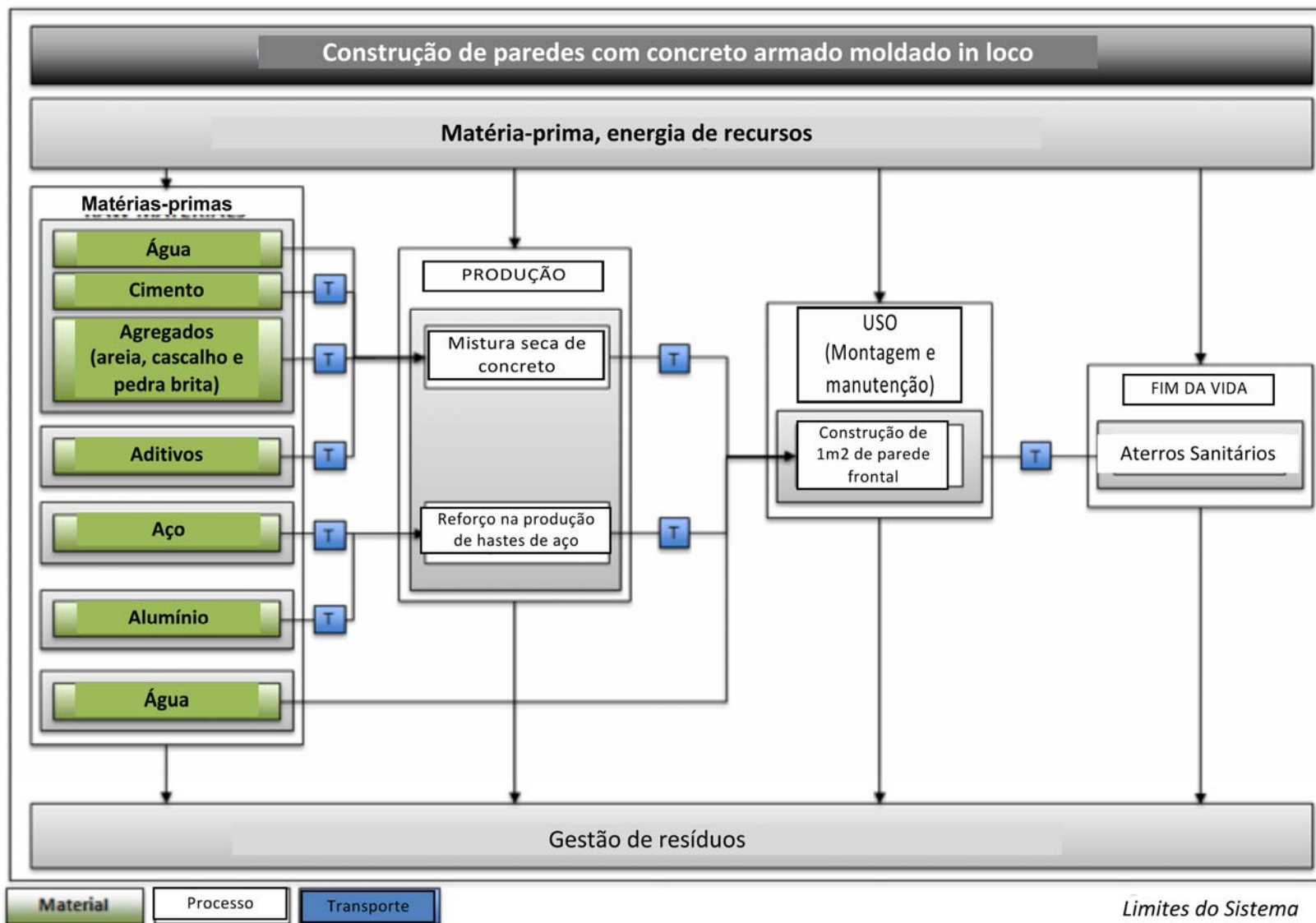


Figura 2-3 – Limites de abordagem - ciclo de vida de paredes com concreto armado in loco

2.4.1 Descrição do sistema geral

Este estudo avalia o ciclo de vida das paredes construídas de blocos cerâmicos, paredes de blocos de concreto e paredes construídas com concreto armado moldado in loco, da extração da matéria-prima até o fim da vida útil do material de construção. Os limites dos três sistemas para este estudo estão descritos na Tabela 2-2. A atualização do processamento de dados está detalhada no Apêndice B e o processo da coleção de dados está descrito na Seção 0.

Tabela 2-2 – Descrição do Sistema Geral

<i>DESCRIÇÃO DO CICLO DAS PAREDES CONSTRUÍDAS COM BLOCO CERÂMICO</i>	<i>DESCRIÇÃO DO CICLO DAS PAREDES CONSTRUÍDAS COM BLOCO DE CONCRETO</i>	<i>DESCRIÇÃO DO CICLO DAS PAREDES CONSTRUÍDAS COM CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO</i>
Extração de matéria-prima		
<p>Os blocos cerâmicos são feitos de argila com adição de água.</p> <p>A extração de argila é realizada com retroescavadeiras, pás carregadeiras e escavadeiras.</p> <p>A argila endurecida, chamada no Brasil de "argilito" ³, por ser de mais qualidade, pode ser escavada por meio de jateamento.</p>	<p>Os blocos de concreto são feitos de areia, cimento, pedra britada e água.</p> <p>A areia é extraída dos poços de areia dos leitos dos rios. A areia artificial também pode ser produzida por esmagamento de rochas.</p> <p>A principal matéria-prima para a produção de cimento é a extração de calcário, que normalmente é retirado de pedreiras abertas, no Brasil, com o uso de explosivos. A argila, o outro ingrediente usado na produção de cimento,</p>	<p>O concreto armado moldado in loco é feito de areia, cimento e água, derramado entre as varas de aço.</p> <p>Areia e cimento são produzidos da mesma maneira que os blocos de concreto.</p> <p>A água é adicionada para a mistura do concreto na fábrica.</p> <p>Os aditivos são feitos de resina de melamineformaldehyde (29% de formaldehyde, 71% de melanina).</p> <p>As formas utilizadas são feitas de alumínio. Embora o ferro galvanizado ou o aço possam ser usados nas formas, as de alumínio são as mais comuns no mercado brasileiro. São usados dados genéricos na produção primária de alumínio, que são a média do alumínio consumido na Europa. Isto inclui a produção de lingotes de alumínio fundido (na fábrica), transporte</p>

³"Argilito" pode ser traduzido para "mudstone", mas devido à falta de certeza com a tradução em Inglês, este documento se refere ao termo brasileiro.

é extraída da mesma do material até a fábrica e armazenagem forma que a argila usada de resíduos. na fabricação de blocos cerâmicos.

Matéria-prima para a argamassa

Argamassa é feita de uma mistura de cimento, cal e areia com adição de água (no local da construção) N/A.

Cal é produzida pela calcinação do calcário.

A areia, o calcário e o cimento são produzidos da mesma maneira que o concreto (veja acima).

Matéria-prima para extração das hastes de aço

A estrutura armada ou as hastes são feitas de aço produzido do minério de ferro. A princípio o minério de ferro é extraído de minas a céu aberto no Brasil. Durante a fabricação, impurezas como o enxofre, fósforo e o excesso de carbono são removidos do ferro bruto. A fabricação primária do aço é feita em forno básico de oxigênio (BOF), e a fabricação secundária do aço (derretimento do minério de ferro e sucata de ferro para reciclagem) é feita em um forno de arco elétrico (EAF). O aço mundial é constituído por 70% de aço do BOF e 30% do EAF F⁴.

Transporte

Os caminhões rodam um total de 54 km, cada viagem, entre o local de extração da argila até a fábrica.

A areia, o calcário e a argila extraídos são transportados por mais de 150 km de caminhão até a fábrica de cimento. Depois, o cimento é transportado por mais de 300 km até a fábrica de blocos.

O calcário extraído e a argila são transportados mais de 150 km por caminhão até chegar à fábrica de cimento

Transporte dos ingredientes da argamassa (o mesmo para os três sistemas)

A areia e a argamassa, como matéria-prima, são transportadas por mais de 150 km de caminhão para a fábrica de pré-mistura da argamassa.

O cimento, como matéria-prima, é transportado por mais de 300 km por caminhão para a fábrica de pré-mistura de argamassa.

⁴www.worldcoal.org/coal/uses-of-coal/coal-steel

Fabricação

Preparação de argila

Massa

O preparo é realizado com uma pá mecânica de carregamento e de mistura.

Modelagem

Os blocos são moldados usando uma variedade de equipamentos (tais como moldes) e trabalho manual.

Secagem

A fase de secagem permite a redução da umidade a partir de um conteúdo de 25% para 30% em massa. É usado o calor recuperado da etapa de queima.

Queima

Os blocos são cozidos na etapa da queima para transformar o material em resultado sólido. É processado nos altos fornos por queima de lascas de madeira (ou outro material residual orgânico) fornecidas como resíduos de produtos da indústria de móvel. Há uma perda de 1,5% que é reprocessada e incorporada na massa (mais de 5%) ou vendida para terrenos de quadra de tênis (avaliado em menos de 1% do peso total, excluído).

Embalagem

Os blocos são embalados (nas paletas, ou

Britamentos e moagem

O calcário é esmagado antes de ser mantido em compartimentos de armazenamento, juntamente com a argila. Em seguida, a mistura de calcário (90%) e argila (10%) é esmagada no moinho de cimento. A mistura do cru cimenteiro, de calcário e argila produzida sofre moagem para reduzir o tamanho das partículas a uma média de 0,050mm. A mistura natural adequadamente dosada com um material de fineza desejada, conhecida como farinha, é homogeneizada em grandes silos verticais através de processos pneumáticos e de gravidade.

Clinquerização

A farinha é introduzida no forno antes de passar por preaquecedores que se aproveitam de fornos de recuperação de calor para promover o aquecimento inicial do material. No forno rotativo a mistura é calcinada até 1450°C, resultando em cimento.

Resfriamento

Um refrigerador reduz a temperatura para cerca de 80°C. Segue então para armazenamento.

Moagem (adição)

Produção da mistura de cimento

O mesmo para a produção de blocos de concreto (trituração e moagem, clinquerização, resfriamento, trituração (adição)).

Mistura

Seguindo a armazenagem inicial em silo, é feita uma mistura de cimento (20%), areia (70%) e água (10%) para produzir o cimento molhado.

Produção de hastes de aço

O produto semifinal da produção de aço é processado como segue:

- retirada;
- moagem;
- aquecimento;
- descalcificação; e
- laminagem.

A laminagem quente faz com que a estrutura de grãos grossos se recristalize em uma estrutura de grão muito mais fina, dando grande tenacidade e resistência ao choque, e força tênsil.

embrulhados em folhas plásticas).

O cimento é misturado com gesso e produtos químicos armazenados separadamente até que entram no moinho de cimento, onde os aditivos são misturados, resultando na mistura de cimento comercializado.

Mistura

Depois do armazenamento inicial em silos, é feita uma mistura de cimento (20%), areia (70%) e água (10%) para produzir o cimento molhado.

Modelagem e secagem

Os blocos são moldados e secam naturalmente.

Embalagem

Os blocos são embalados em paletas.

Produção de argamassa

Proporção e mistura N/A

É feita uma mistura de cimento (15%), calcário (9%) e areia (76%) para produzir argamassa seca.

Transporte

A mistura seca é feita nas correias transportadoras para o setor de embalagem.

Embalagem

A mistura seca é embalada em sacos de papel e então paletizada.

Distribuição

Os blocos são transportados por caminhão até o armazenamento percorrendo uma distância média de 50 km, e então percorrem mais	Os blocos são transportados por caminhão até o armazenamento percorrendo uma distância média de 50 km, e então	O concreto molhado é transportado por mais de 25 km até o consumidor final em um caminhão betoneira. É considerada uma perda de 4%. O caminhão fica funcionando durante 2 horas controlando a bomba para escoar o concreto. As hastes de aço são transportadas por
---	--	---

5 km até chegar ao cliente. É considerada uma perda de 1% nesta fase.	percorrem mais de 5 km até o cliente. É considerada uma perda de 1% nesta fase.	mais de 800 km até o consumidor final, a forma de alumínio mais 1000 km e os aditivos mais 1000 km.
A pré-mistura de argamassa é transportada de caminhão por mais de 25 km até o cliente final.	A pré-mistura de argamassa é transportada de caminhão por mais de 25 km até o cliente final.	
As hastes de aço são transportadas por mais de 800 km até o consumidor final.	As hastes de aço são transportadas mais de 800 km até o consumidor final.	

Uso

Os blocos são assentados manualmente. É acrescentado 8% de água à pré-mistura da argamassa seca (92%) e a mistura é feita manualmente.	Os blocos são assentados manualmente. É acrescentado 8% de água à pré-mistura da argamassa seca (92%) e a mistura é feita manualmente.	O concreto molhado é despejado nas hastes de aço em uma forma de trabalho. Para o escoamento do concreto, o caminhão betoneira permanece em funcionamento e usa a bomba para escoar o concreto no local.
A argamassa é assentada manualmente.	A argamassa é assentada manualmente.	O consumo de combustível e a emissão do caminhão associado ao escoamento do concreto são calculados com um modelo de equipamento não rodoviário desenvolvido por US EPA http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm . Presume-se que a força do motor do caminhão seja de 300 HP.

Fim da vida

A parede é destruída e os resíduos são enviados para aterros. A distância de transporte de 50 km está incluída nesta fase.	A parede é destruída e os resíduos são enviados para aterros. A distância de transporte de 50 km está incluída nesta fase.	A parede é destruída e os resíduos são enviados para aterros sanitários. Nesta fase é incluído o transporte por uma distância de 50 km.
--	--	---

Os processos devem ser excluídos se (1) são equivalentes para todos os sistemas que estão sendo comparados e/ou (2) são considerados insignificantes (contribuição dos fluxos é menos de 1% de massa ou energia). Deve ser observado que quando o processo é excluído por equivalência, a relativa diferença (porcentagem, %) entre os produtos não pode ser calculada.

Na maioria das vezes são incluídas no estudo a infraestrutura e capital das mercadorias, especialmente quando o inventário de dados (e.g. Ecoinvent) fornece esta informação.

Além disso, uma ACV comparativa tem como foco diferenciar os processos entre cenários comparados. Por esta razão, todos os processos considerados idênticos ou não têm distinção entre os sistemas de estudo, não são levados em consideração.

2.4.2 Limite temporal e geográfico

Esta ACV é representativa das indústrias de cerâmica e de cimento e processos associados (por exemplo, meios de transporte e distâncias, eletricidade usada na mixagem) em um contexto brasileiro na época do estudo (2011-2012) em um período de uso por mais de 40 anos, com impacto de descarte gerado 40 anos depois, pressupondo que o tempo de vida para os três tipos de paredes seja de 40 anos (incluindo a argamassa para o cenário das duas paredes de blocos).

Note-se que os processos dentro dos limites do sistema podem ocorrer em qualquer lugar ou em qualquer momento, contanto que eles sejam necessários para alcançar a unidade funcional.

Por exemplo, certos processos podem gerar emissões durante um período maior do que apenas no ano de referência. Isso se aplica à deposição em aterro, o que provoca emissões (biogás e lixiviados) durante um período de tempo, cuja duração (várias décadas, até mais de um século/milênio) depende dos parâmetros de design e do funcionamento dos elementos fósseis e como as emissões são incorporadas ao ambiente.

2.5 Metodologia de alocação

Um ponto de decisão metodológica comum na ACV ocorre quando o sistema estudado tem relação direta com um sistema passado ou futuro. Por exemplo, na indústria da construção, um material reutilizado é um produto que se submete a dois ciclos de vida: um como material virgem na edificação original e um como material reutilizado em uma segunda edificação (ou outra aplicação). Da mesma forma, restos de produção ou materiais no fim de sua vida útil podem ser incinerados e usados para recuperação do calor.

Quando sistemas estão ligados desta forma, ou os limites do sistema de interesse são ampliados para incluir o sistema adicional, ou os impactos dos itens interligados são distribuídos – ou alocados – pelos sistemas. Enquanto a ISO 14040 recomenda o anterior como um primeiro recurso, tal tarefa geralmente requer mais recursos do que os disponíveis para um projeto, porque a ampliação dos sistemas pode ocorrer indefinidamente se não for encurtada de alguma forma. Outra recomendação da ISO é alocar os impactos dos recursos entre os sistemas anexos em que entram durante todo o tempo de vida – passado, presente e futuro. Esta última é a abordagem selecionada para este estudo.

Ao fazer a alocação, o método escolhido deve seguir um questionário para determinar quais sistemas são responsáveis por quais impactos. A resposta raramente é simples. No caso de materiais reciclados, um sistema é responsável por fornecer o material, enquanto o outro sistema é responsável por reutilizá-lo. Desde que os resíduos são geralmente de um ciclo recessivo, não recuperados com a mesma aplicação, mas com um valor econômico menor na sua aplicação, a abordagem escolhida é a de limite.

Para o uso de lascas de madeira na queima, foram usados os dados daecoinvent, os quais são delimitados pelo maior impacto no produto direto das florestas (i.e. madeira industrial, madeira residual e madeira em tora) enquanto uma correção baseada no volume é adicionada na

contabilidade da massa e energia, isto não dá um balanço com a demarcação econômica em relação à retirada do CO2 como recurso de consumo da natureza (SCLCI, 2010)⁵.

O fator de demarcação entre os diferentes produtos diretos da floresta não está documentado neste relatório ecoinvent. Por esta razão, tem sido realizada uma análise de sensibilidade para testar a influência da demarcação no impacto do uso de lascas de madeira como combustível na fase da queima (veja Seção 0).

2.5.1 Abordagem de limite

A abordagem de limite é aplicada para evitar a contagem em duplicidade, problema que ocorre quando um produto é creditado em sua reciclagem no estágio de fim da vida, enquanto o produto que reutiliza o material residual nos materiais reciclados também é creditado para evitar a produção de matéria prima.

Ao aplicar a abordagem de limite, é o produto que usa resíduos que se beneficia das emissões evitadas na produção de material virgem, ao mesmo tempo em que carrega o peso das emissões relacionadas ao tratamento de fim da vida, como aterro. Assim, não há impacto (ou crédito por impacto evitado) alocado no estágio de fim da vida no primeiro sistema, exceto do transporte necessário para local de depósito.

Todo impacto ambiental resultante da extração de matéria-prima é totalmente alocado no primeiro sistema e não no do produto feito a partir de sua reciclagem. Entretanto, qualquer impacto resultante da transformação do primeiro produto seguido de seu descarte, como quebra ou limpeza, é alocado no produto seguinte feito com este material.

Neste estudo, a abordagem de limite é aplicada aos resíduos (pneus, óleos usados) queimados para a recuperação de energia na produção de cimento.

2.6 Inventário de dados, fontes e hipóteses sobre o ciclo de vida

A qualidade da ACV depende da qualidade dos dados utilizados na avaliação. Todo esforço nesta investigação foi direcionado a implementar a informação mais confiável e representativa da realidade possível.

2.6.1 Coleta de dados

O processo de coleta de dados, inclusive das escolhas das hipóteses em estudo, foi conduzido interativamente entre a Quantis e a ANICER. A equipe é composta por especialistas da indústria de cerâmica brasileira, da Indústria de concreto e da indústria da construção. Os resultados da ACV dependem da qualidade dos dados usados no inventário de análise. Assim, todo esforço foi feito nesta investigação para implementar a informação mais robusta e representativa disponível.

⁵ Correção de alocação: $[[\text{Volume}(i)/\text{Volume}(t)] - [\text{Revenue}(i)/\text{Revenue}(\text{tot})]] * \text{Volume}(\text{input})$

A coleta de dados ICV refere-se aos materiais usados, à energia consumida e aos resíduos e emissões gerados em cada processo incluído nos limites do sistema. Como esta ACV busca comparar os blocos genéricos e os de concreto moldado in loco, os dados primários relacionados com os vários processos específicos são coletados e usados para gerar uma série de dados representativos para uma média de regras e práticas da indústria cerâmica e de concreto do Brasil. A maior parte destes dados foi fornecida pela ANICER.

Dados incompletos, não acessíveis, ou faltantes foram completados por dados secundários, por exemplo, com o banco de dados *ecoinvent*, conjunto de dados de bancos públicos disponíveis, crítica literária e julgamento de especialistas.

A maioria dos dados secundários vem dos módulos do inventário do ciclo de vida (ICV) disponíveis no banco de dados *ecoinvent* europeu 2.2 (www.ecoinvent.ch/). Ele é internacionalmente reconhecido pelos especialistas na área como o ICV mais completo disponível, ultrapassando em muito outros bancos de dados comerciais de uma perspectiva quantitativa (número de processos incluídos) e qualitativa (qualidade dos processos de validação, integralidade dos dados, etc.).

O banco de dados *ecoinvent* contém somente os processos que tomam como modelo o transporte por rodovias em um contexto europeu. A Quantis adaptou tais processos para que pudessem ser representativos do transporte em um contexto norte-americano (BEEP, 2010).

Admite-se que o transporte norte-americano é mais representativo para o contexto brasileiro do que o transporte europeu. A média do transporte de caminhão de longa distância é de 53 caixas de reboque seco. Além disso, para este estudo a carga foi especificada pela ANICER para a maior parte dos estágios de transporte. Caso contrário, a carga média de 17,56 toneladas foi usada quando não havia dados disponíveis.

Em geral, deve-se notar que usar dados europeus para representar processos brasileiros pode causar influências em certas áreas. Entretanto, acreditamos que a consistência e precisão deste banco de dados fazem a opção preferível para representar as condições brasileiras em comparação com outros dados disponíveis para outros processos.

Além disto, embora *ecoinvent* seja de proveniência europeia, contém informações representando muitas regiões do mundo. Por exemplo, é incluída a rede elétrica brasileira mista. A rede elétrica brasileira mista, como apresentada na Tabela 2-3, foi utilizada especificamente em todos os processos de primeiro plano, refletindo atividade primária conhecida que acontece no Brasil. A substituição pela rede brasileira no segundo plano de todos os processos, entretanto, não foi feita (exemplo: para manufatura de equipamento).

Tabela 2-3 – Média brasileira da rede elétrica mista em 2004 incluindo exportação (SCLCI, 2010)

Fonte de energia	Participação
Hidroelétrica	83,70%
Gás natural	4,83%
Biomassa (bagaço)	3,96%
Nuclear	2,33%
Diesel em Co-Gen	1,93%
Carvão	1,90%
Óleo	0,74%
Gás industrial	0,60%
Eólico	0,01%

Esta energia mista descreve o poder das centrais elétricas no Brasil de uso corrente (2004) uma média de energia para cada tecnologia. Os dados aplicados para o produtor público e os autoprodutores no Brasil. Estes incluem a energia importada do Paraguai, Argentina, Venezuela e Uruguai. As instalações de gás natural e de gás industrial são desenhadas pela média da UCTE. As instalações industriais nucleares são médias suíças.

Todos os dados utilizados e apresentados no Apêndice B foram:

- 1) Verificados em relação à sua representatividade temporal, geográfica e tecnológica;
- 2) Recolhidos com o mais alto nível de detalhes possível;
- 3) Documentados de acordo com as melhores práticas disponíveis.

2.6.2 Hipóteses

Diversas hipóteses foram utilizadas pelo corpo de trabalho. Esta seção descreve as que são universais para o estudo, enquanto são fornecidas hipóteses de informações específicas nas descrições dos dados coletados.

As hipóteses são revisadas pela equipe de projeto e preparadas para o setor de construção comercial onde couber e para o de geografia onde houver informação disponível.

2.6.2.1 Processo de manufatura de concreto

Devido à falta de dados específicos de emissão pelo processo de manufatura do concreto no Brasil, especialmente aqueles relacionados à queima do combustível na fase de clínquerização, os dados ecoinvent (“Bloco de concreto, na fábrica/DE”) são usados e adaptados às condições específicas fornecidas (distâncias para transporte, areia e proporções de cimento). A conveniência deste conjunto de dados é endossada pela taxa de emissão de GEE por tonelada de cimento de 0,838 t CO₂-eq/t (SCLCI, 2010) que coincide com a pesagem média internacional de 083 t CO₂-eq/t (IEA, 2007). Na Seção 3.4.7 é feita uma análise de sensibilidade que considera GEE emissão ratio específica para o contexto brasileiro.

2.6.2.2 Vida útil da parede

Baseado padrão NBR 15575, o tempo de vida de uma parede construída com bloco cerâmico ou de concreto deve encontrar um requisito mínimo de 40 anos de tempo de vida, durante os quais a argamassa de revestimento na parte exterior da face da parede não é repontuada. É feito um pressuposto de mais de 40 anos, a parede é destruída e enviada ao aterro sanitário. A análise de sensibilidade da vida útil da parede é realizada considerando a vida útil dos blocos e da argamassa na Seção 0 e 0. As paredes de concreto armado moldado in loco não requerem a aplicação de argamassa para satisfazer 40 anos de vida útil, embora ajude a assegurar um melhor desempenho. Uma análise de sensibilidade é mostrada na Seção 3.4.12 para paredes de concreto armado moldado in loco considerando argamassa adicional.

2.6.2.3 Isolamento térmico e isolamento acústico

De acordo com o WBDG¹, pressupõe-se que o material usado em todos os três cenários oferece um pouco de isolamento térmico e acústico. Isto é concedido em grande parte por um revestimento espesso de argamassa em ambos os lados da parede e materiais isolantes em seu interior. Entretanto, deve ser respeitado um critério mínimo no desempenho do isolamento térmico ou acústico de acordo com a legislação e regulamento nos edifícios e nas construções; portanto não foi feita uma análise de sensibilidade neste aspecto por haver uma pequena variação possível. Além disso, como previamente dito, as paredes de bloco cerâmico têm um melhor isolamento térmico que as de concreto. Consequentemente, o bloco cerâmico que é desenhado em um cenário conservador, não considera esta vantagem sobre os equivalentes de concreto.

2.6.2.4 Resistência à compressão

De acordo com ANICER, supõe-se que as paredes construídas com cada tipo de material proporcionam a resistência estrutural à compressão, sendo necessário um estudo para cada tipo de parede. Todavia, deve ser respeitado algum critério sobre a resistência à compressão, de acordo com a legislação e regulamentos nos edifícios e na construção; portanto não será feita análise de sensibilidade sobre este aspecto por ser possível uma pequena variação.

2.6.2.5 Produção de cimento

A emissão na produção de cimento se supõe serem parecidas com as emissões produzidas pelo relatório do conjunto de dados daecoinvent. Uma adaptação do combustível misto introduzida neste conjunto de dados foi substituída pela média suíça. Este combustível é apresentado em detalhes na Tabela 2-4 (CCAP, 2009).

Tabela 2-4 – Média da mistura de combustíveis no processo de clínquerização no Brasil

Fonte de Calor	Participação
Coque de petróleo	76,60%
Outras fontes (tais com pneus usados)	11,00%
Carvão vegetal	7,39%
Carvão vapor	1,98%
Óleo diesel	1,35%
Óleo combustível	0,86%
Gás natural	0,81%
Lenha	0,00%

No entanto, como não são detalhadas as emissões de combustão de gás de dados que estavam disponíveis para atualizar o início do processo, foram mantidos os dados de emissões a partir deste conjunto de dados ecoinvent. Segundo o relatório ecoinvent, foram baseados em dados de emissão publicados pela US EPA de 1998. Para avaliar a sensibilidade da emissão de uma mistura de combustível diferente, os dados de início foram testados para sensibilidade em uma comparação com os dados publicados para o Canadá, disponibilizados pela Associação de Produtores de Cimento do Canadá (CAC, 2011) e pelo Brasil, como também pelo Centro de Políticas para a Limpeza do Ar do Brasil (CCAP, 2009) somente para a intensidade do CO₂. Esta análise de sensibilidade em relação às emissões de cimento está desenvolvida na Seção 3.4.7.

2.6.2.6 Fase de utilização (montagem da parede e manutenção)

Durante a construção da parede de cimento, supõe-se uma perda de 4% para ambos os materiais. Para o cenário do concreto armado moldado in loco são feitos os seguintes pressupostos:

- Perdas de concreto molhado na betoneira se supõe serem de 4%;
- A betoneira é considerada infraestrutura e assim, é excluída do sistema de limites.

Para o cenário considerando os dois blocos, as perdas da argamassa usada no ligante e no revestimento supõem-se de 4%. A análise de sensibilidade para estas taxas de perda de blocos e argamassa são feitas na Seção **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

2.6.2.7 Fim da vida

Para os sistemas de cada bloco cerâmico, bloco de concreto e concreto armado moldado in loco presume-se que as perdas ocorridas ao longo do ciclo de vida são encaminhadas para aterro, a menos que outro destino seja claramente especificado.

A mesma suposição é feita para todos os materiais na fase do fim da vida. Supõe-se que as perdas ocorridas ao longo do ciclo de vida são direcionadas ao aterro sanitário, seguidas da mesma tendência que as taxas de perda dos blocos e argamassa apresentada anteriormente. Uma análise de sensibilidade segue a tendência das perdas apresentadas na Seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

2.7 Pressuposto do impacto no ciclo de vida

A Avaliação do Impacto classifica e combina os fluxos de materiais, energia e emissões que entram e saem de cada sistema de produção pelo tipo de impacto que seu uso ou emissão tem no ambiente. O método utilizado aqui é revisado e internacionalmente reconhecido, o método AICV IMPACT 2002+ v2.2 (Jolliet et al. 2003, como atualizado em Humbert et al. 2012). Informação detalhada sobre o método IMPACT 2002+ vQ2.2 e indicadores está disponível no <http://www.quantis-intl.com/impact2002.php>. Este método avalia 16 diferentes categorias de impactos potenciais (ponto médio) e, depois, agrega a maior parte deles em 3 categorias de ponto de saturação. Eles são apresentados junto com o ponto central da categoria para mudança climática, por sua importância individual, assim como o indicador de retirada de água. No total, os cinco indicadores são os seguintes:

- Mudança Climática (em kg CO₂-eq);
- Saúde Humana (in DALY);
- Qualidade do Ecossistema (em PDF*m²*yr);
- Esgotamento de Recursos (em Primary MJ);
- Retirada de água (em L).

IMPACT 2002+ usa a ciência mais moderna preocupando-se com o aquecimento global e oferece a maior consistência de dados que possa ser apresentada. A exclusão de monóxido e dióxido de carbono biogênico, assim como um fator reduzido de emissão para metano biogênico, evita cálculos incorretos de emissões de carbono de ciclo curto (absorvidos e lançados pela vegetação) juntamente com as emissões de combustíveis fósseis, anteriormente armazenados permanentemente no subsolo.

Note-se que para os indicadores relacionados à saúde humana, apenas foram considerados os impactos que ocorrem pela emissão de substâncias no ambiente externo e a exposição de humanos daquele ambiente; exposição direta pelo ar interno ou poeira está excluída. Uma avaliação da exposição interna está além das capacidades atuais da ciência do ciclo de vida, devido à falta de

informações sobre a liberação de produtos químicos dos materiais de construção e à falta de um método estabelecido para incorporar exposições dentro do ambiente interno na avaliação de impacto do ciclo de vida. Entretanto, avanços recentes estão levando a possibilitar tal avaliação (exemplo, Hellweg 2009).

Descrições das categorias de impacto presentes neste documento estão no Apêndice A - Descrição de metodologia da ACV. A ponderação dos indicadores não foi feita.

O resultado da AICV são expressões relativas e não prevê impactos na categoria dos pontos finais, os limiares de excedentes, margens de segurança ou riscos.

O pressuposto do ciclo de vida tem a conduta de usar SimaPro 7.3 um software comercial de ACV. Nenhuma normalização de dados foi completada para que se evitassem comparações de impacto entre as categorias.

2.8 Análise de sensibilidade

Diversos parâmetros utilizados quando da modelagem dos sistemas apresentam certo grau de incerteza, especialmente no que concerne às hipóteses genéricas de dados, de módulos e escolhas metodológicas. Os resultados obtidos relacionam-se a estes parâmetros e suas incertezas são transferidas às conclusões.

Dos principais colaboradores (processos/parâmetros) identificados na avaliação de qualidade dos dados, análises de sensibilidade foram feitas nos seguintes parâmetros:

1. A vida útil da parede de bloco cerâmico (incluindo a argamassa) comparada à parede de bloco de concreto;
2. A vida útil da parede de bloco cerâmico (incluindo a argamassa) comparada a concreto armado moldado in loco;
3. O uso do “argilite” no processo de extração dos blocos cerâmicos;
4. O uso de areia artificial na produção de concreto;
5. As distâncias para a distribuição do produto final para armazenagem;
6. Uso de embalagem para blocos cerâmicos;
7. As emissões da produção de cimento;
8. As taxas de perdas dos blocos e da argamassa;
9. O material utilizado para a forma da estrutura de suporte usada em parede de concreto armado moldado in loco;

10. O fator de alocação para determinar o impacto da produção de madeira atribuída às lascas de madeira;
11. A origem das lascas de madeira na fase de queima para as paredes de blocos cerâmicos;
12. Aplicação de argamassa em paredes de concreto armado moldado in loco;
13. O uso de diferentes métodos de alocação;
14. O uso do ReCiPe como um método de AICV.

Para que fosse possível, os valores dos parâmetros incertos foram trocados por valores diferentes, mas razoáveis. A extensão da variação nos resultados indicavam a importância dos parâmetros modificados nas conclusões globais e a extensão em que a maior parte dos resultados válidos provavelmente mentem.

2.9 Análise das incertezas

Há dois tipos de incertezas em relação ao modelo da ACV:

- Dados incertos do inventário avaliados por uma simulação Monte-Carlo;
- Caracterização de modelos incertos, que se traduzem em impactos ambientais do inventário.

2.9.1 Inventário de análise de incerteza dos dados - Monte-Carlo

Foi realizada uma análise da incerteza devido à variabilidade dos dados do inventário. As incertezas foram pressupostas por ambos os dados, novos e antigos, aplicando uma abordagem de uma matriz de pedigree. O programa SimaPro 7.3 inclui um módulo de simulação Monte-Carlo, que permite avaliação da variabilidade embutida no inventário de dados de resultados finais. Os resultados, assim, se tornam probabilidades. A análise foi realizada por 1000 repetições de etapas.

2.9.2 Caracterização de análises dos modelos de incertezas

Dois tipos de incertezas relacionadas ao método da AICV se somam aos dados incertos do inventário. O primeiro refere-se aos resultados do ICV nos indicadores dos pontos médios e o segundo é sobre a caracterização subsequente daqueles pontos médios em indicadores de pontos de saturação. As extensões de incerteza associadas com fatores de caracterização nos dois níveis variam de um indicador de ponto médio ou de ponto de saturação para outro. Na verdade, a precisão dos fatores de caracterização depende dos progressos das pesquisas em andamento nos mais diferentes campos da ciência em busca de modelos de impacto do ciclo de vida, assim como da integração das descobertas atuais aos métodos operacionais da AICV.

As incertezas ligadas aos modelos usados para caracterizar emissões e consumo de recursos não podem ser quantificadas usando análises estatísticas. No entanto, as linhas mestras têm sido propostas por autores do método IMPACT 2002+ (Humbert et al., 2009) e foram seguidas na análise dos resultados. Eles estabeleceram limites de significância para as diferentes categorias de impacto, para determinar quando não é possível concluir o melhor desempenho ambiental de uma opção sobre a outra. Esta diferença mínima nos resultados dos intervalos permite extrair uma sólida conclusão que pode ser resumida desta forma:

- Mudança Climática: 10%
- Saúde Humana (toxidade): ordem de magnitude 1 (fator 10)
- Saúde Humana (inorgânicos respiratórios): 30%
- Qualidade do Ecossistema (toxidade): ordem de magnitude 1 (fator 10)
- Qualidade do Ecossistema (acidificação/eutrofização): 30%
- Esgotamento dos Recursos: 10%

Deve-se notar que nenhuma incerteza relacionada ao AICV leva em conta a Retirada de Água, uma vez que se trata de um simples indicador de inventário. O consenso científico neste tópico de sensibilidade, assim como a metodologia de agrupamento, ainda está sob revisão para melhor avaliar as extensões da incerteza.

2.10 Revisão crítica

Uma revisão crítica é feita para checar se o ACV atende aos padrões internacionais. De acordo com os padrões ISO, uma revisão crítica é obrigatória se os resultados serão comunicados publicamente. O comitê de revisão crítica foi composto por 3 membros mencionados na Tabela 2-5.

Tabela 2-5 - Membros do grupo de Revisão Crítica

Nome	Empresa	Área técnica
Marisa Vieira	PRéConsultants	Chefe do Comitê de Revisão, LCA Expert
Cássia Ugaya	ACV Brasil	Especialista em ACV
Carlos Augusto Xavier Santos	Escola Senai Mario Amato	Coordenador da Tecnologia Cerâmica
Rosa Maria Crescencio	Escola Senai Orlando LavieriFerraiuolo	Supervisora do Laboratório do Centro Nacional de Tecnologia da Construção

Em conformidade com as normas ISO 14040 e 14044 (2006a, b), os objetivos do processo de revisão crítica são para verificar se os métodos utilizados pela Quantis para realizar a ACV são:

- Compatíveis com as Normas Internacionais 14044;

- Cientificamente e tecnicamente válidos;
- Adequados aos dados utilizados e razoáveis em relação ao objetivo do estudo;
- As interpretações do Quantis refletem as limitações identificadas e o objetivo do estudo;
- O relatório do estudo é transparente e consistente.

O processo de revisão é conduzido por meio de 4 estágios:

- 1) Revisão do objetivo e do escopo por todos os membros da comissão;
- 2) Correções e esclarecimentos dos pontos levantados pelos revisores na etapa 1;
- 3) Revisão final do relatório, incluindo a versão corrigida do objetivo e do escopo;
- 4) Correções e esclarecimentos de pontos levantados pelos revisores na etapa 3.

Os relatórios de análise crítica e as respostas às recomendações dos revisores são apresentados com o relatório completo (ver Apêndice H).

3 Resultados

Os resultados apresentados aqui são os comparativos da ACV de paredes construídas com blocos cerâmicos versus paredes construídas com blocos de concreto e paredes de concreto armado moldado in loco, equivalentes, para os quatro índices de impacto e um indicador de inventário: Aquecimento Global, Saúde Humana, Qualidade de Ecossistema, Esgotamento de Recursos e Retirada de Água.

As informações fornecidas nesta seção devem ser usadas somente dentro dos limites de contexto e hipóteses deste estudo considerando-se suas limitações, como descrito na Seção 4.1.5. Esta seção apresenta os resultados líquidos das duas comparações dos tipos de parede (1. bloco cerâmico versus bloco de concreto, 2. bloco cerâmico versus concreto armado moldado in loco) e os resultados de cada um dos três ciclos de vida de cada parede. Deve-se enfatizar que não é significativo extrair conclusões comparativas entre produtos com base em estágios individuais de ciclo de vida, devido às diferenças entre os processos de manufatura. Além disso, os impactos descritos pela ACV são estimativas dos impactos potenciais em vez de medições diretas dos impactos reais. As informações são apresentadas somente para mais explicações sobre as tendências gerais presenciadas nos resultados de todo o ciclo de vida.

Os tópicos dos resultados apresentados abaixo incluem o seguinte:

- 1) Pressupostos comparativos de ACV de tipos de paredes
- 2) Contribuição nas análises dos estágios de ciclo de vida para cada indicador
- 3) Pressuposto da qualidade dos dados
- 4) Análise de sensibilidade

A interpretação dos resultados leva em conta a incerteza ligada ao modelo de caracterização, como detalhado na Seção 2.9.2. A incerteza relacionada ao inventário de dados é avaliada com a análise estatística Monte-Carlo (Seção 3.5).

3.1 Hipóteses comparativas

As diferentes paredes são comparadas com base em diferentes cenários, para o pressuposto do ponto médio e do ponto final, no caso da retirada de água, nos indicadores de impacto e no indicador do inventário.

A Tabela 3-1 mostra a diferença do impacto do ponto médio (em %) quando comparado com os blocos cerâmicos:

- Bloco de concreto (coluna 1), onde a diferença do impacto é calculada como segue:

$$\% = (\text{Resultado}_{\text{blocos concretos}} - \text{Resultado}_{\text{blocos cerâmicos}}) / \text{Resultado}_{\text{blocos cerâmicos}}$$

- Concreto armado moldado in loco (coluna 2), onde a diferença do impacto é calculada como segue:

$$\% = (\text{Resultado}_{\text{concreto armado in loco}} - \text{Resultado}_{\text{blocos cerâmicos}}) / \text{Resultado}_{\text{blocos cerâmicos}}$$

Tabela 3-1 -Ponto médio comparativo de resultados da ACV para paredes de blocos cerâmicos versus blocos de concreto e concreto armado moldado in loco (1 m²) (IMPACT 2002+)

Categoria de impacto	Blocos cerâmicos vs. blocos de concreto	Blocos cerâmicos vs. concreto armado moldado in loco
Cancerígenos	46%	560%
Não cancerígenos	60%	340%
Inorgânicos respiratórios	10%	72%
Radiação ionizante	82%	104%
Esgotamento da camada de ozônio	74%	125%
Orgânicos respiratórios	44%	84%
Ecotoxicidade aquática	69%	293%
Ecotoxicidade terrena	58%	217%
Acidez terrena/nitrificação	32%	43%
Ocupação do solo	19%	33%
Acidificação terrena	44%	92%
Eutrofização aquática	77%	257%
Energia não renovável	74%	167%
Extração mineral	51%	1245%
Aquecimento global	100%	195%
Água turbinada	61%	392%
Retirada de água	32%	8%

Esta tabela contém código de cores, onde o verde ilustra a menor variação de impacto das paredes de blocos cerâmicos. A incerteza dos modelos da ACV não é conhecida para alguns pontos médios de impacto, no entanto há casos onde é conhecido (ir para Seção 2.9.2), se as diferenças não permitem conclusão, as partes são sombreadas em cinza.

Para as categorias do ponto médio, as quais não há limite de significado, são propostas pelos autores do IMPACT2002+, as conclusões devem ser baseadas na análise de incertezas (Seção 3.5).

Em geral, uma parede de blocos cerâmicos tem menos impacto do que uma parede de blocos de concreto; entretanto, incertezas ligadas ao modelo não permitem discriminação entre dois tipos de blocos para carcinógenos, não carcinógenos, inorgânicos respiratórios, ecotoxicidade aquática e ecotoxicidade terrestre.

Quando comparado à parede de concreto moldado in loco, o bloco cerâmico também causa menos impactos em geral, não existem conclusões quanto à carcinógenos, não carcinógenos, ecotoxicidade aquática e ecotoxicidade terrestre.

As categorias de ponto médio de impacto mais à frente são reunidas e analisadas no método AICV para apresentar resultados das categorias de danos do ponto de saturação. Os resultados são apresentados na Mais uma vez, as cores são usadas para classificar, enquanto os quadros cinzas mostram indicadores nos quais a diferença no resultado é insignificante de acordo com o modelo de incerteza.

Tabela 3-2. Mais uma vez, as cores são usadas para classificar, enquanto os quadros cinzas mostram indicadores nos quais a diferença no resultado é insignificante de acordo com o modelo de incerteza.

Tabela 3-2 - Indicadores comparativos da ACV com resultados para paredes de blocos cerâmicos versus blocos de concreto e paredes de concreto armado moldado in loco (1 m²) (IMPACT 2002+)

Indicadores selecionados	Bloco cerâmico vs. bloco de concreto	Bloco cerâmico vs. concreto armado moldado in loco
Mudança Climática	100%	195%
Saúde Humana	14%	102%
Qualidade do Ecossistema	51%	181%
Esgotamento de Recursos	74%	170%
Retirada de Água	32%	8%

Os mesmos resultados são também apresentados graficamente na Figura 3-1.

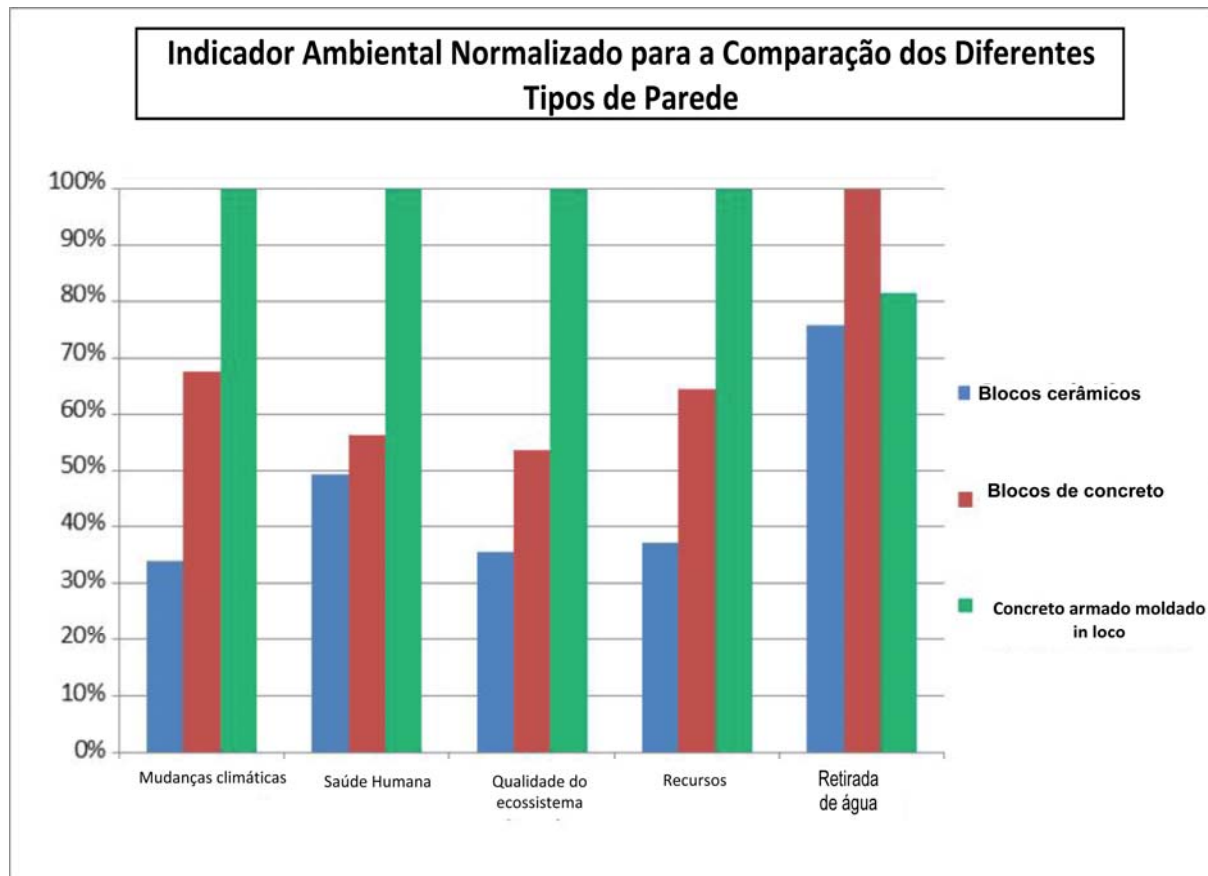


Figura 3-1- Indicadores comparativos da ACV com resultados para paredes de blocos cerâmicos versus blocos de concreto e paredes de concreto armado moldado in loco (1 m²) (IMPACT 2002+)

Os blocos cerâmicos têm menor impacto nas Mudanças Climáticas e no Esgotamento de Recursos do que os equivalentes de concreto. Em 32,1 kg CO₂eq/m², as emissões dos gases de efeito estufa sobre o ciclo de vida de 1 m² da parede são aproximadamente metade dos de 1m² da parede de bloco de

concreto e um terço da de concreto armado moldado in loco. A classificação do Esgotamento de Recursos da parede de blocos cerâmicos, que se refere principalmente por uma energia não renovável, é também classificada por volta da metade de consumo da parede de bloco de concreto e por volta de 37% para a parede de concreto armado moldado in loco.

O indicador de Retirada de Água mostra a mesma tendência para a comparação de blocos cerâmicos versus blocos de concreto, com os blocos cerâmicos aparentemente exigindo uma quantidade menor de retirada de água do que uma parede de blocos de concreto. Da mesma forma, a parede de blocos cerâmicos requer mais quantidade de água do que uma parede de concreto armado moldado in loco em seu ciclo de vida.

Em relação à Saúde Humana e Qualidade do Ecossistema, a diferença entre os materiais das paredes (de bloco cerâmico versus as de bloco de concreto versus as de concreto armado moldado in loco) é menor do que as incertezas relatadas no modelo de pressupostos de impacto. Muito embora para estes dois indicadores a opção não pode ser considerada melhor do que as outras. No entanto, os resultados ainda fornecem uma informação valiosa para melhor compreender os impactos causados pelo ciclo de vida de cada produto. O impacto na Qualidade do Ecossistema é em grande parte atribuído à Ecotoxicidade Terrestre na categoria de impacto do ponto médio (veja Apêndice E). O impacto na Saúde Humana é principalmente causado por respiração de inorgânicos na categoria de impacto do ponto médio, ligadas à emissão de finas partículas de óxidos de nitrogênio (veja Apêndice E)

3.2 Análise da contribuição

A análise da contribuição de cada categoria de ciclo de vida será discutida nesta seção.

3.2.1 Paredes de blocos cerâmicos

O impacto sobre as fases do ciclo de vida da parede de blocos cerâmicos é descrito por categorias de indicadores de cada uma das seguintes seções.

Mudanças climáticas

A Figura 3-2 demonstra que o revestimento constitui a principal fonte de impacto nas Mudanças Climáticas, que se relaciona com o efeito de gases estufa GEE do processo de clínquerização requerido para produzir o cimento para a argamassa. O transporte, da extração, distribuição e fim

da vida, também constitui uma fonte importante de impacto na Mudança Climática (escape de emissões de CO₂ relativos à queima de combustível).

Deve-se lembrar de que a porcentagem é relativa ao impacto total na Mudança Climática, o qual não inclui CO₂ biogênico lançado pela queima de madeira. A reposição das lascas de madeira por combustíveis fósseis pode ter um impacto significativo neste indicador.

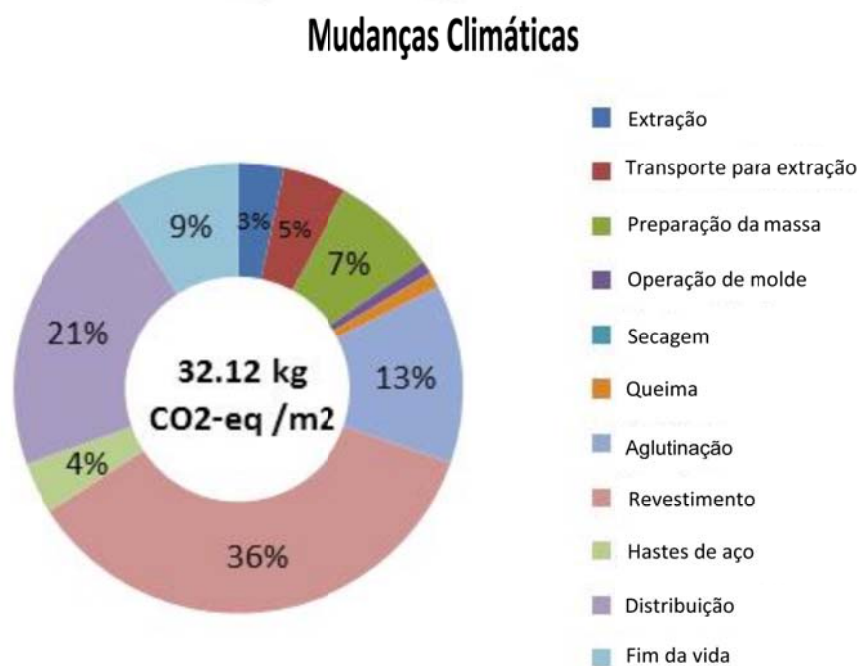


Figura 3-2 – Contribuição ao impacto dos estágios do ciclo de vida nas Mudanças Climáticas para a parede de bloco cerâmico

Embora a fase de queima exija muito calor, o combustível usado é de fonte biogênica enquanto o CO₂ está relacionado com o processo de queima (12,7 kg CO₂/m²) que não está incluído no total.

Saúde humana

A Figura 3-3 ilustra a distribuição da contribuição das fases do ciclo de vida com impacto na Saúde Humana. O grande contribuinte é o transporte, pelos óxidos de nitrogênio (NOx) emitidos durante a queima do combustível, também ligado aos problemas respiratórios. A segunda contribuição é a fase da queima da madeira. Isto se transforma em emissões de finas partículas (PM_{2.5}), apresentando respiração de inorgânicos na categoria de ponto médio, ligadas aos problemas respiratórios (veja Apêndice E, para os resultados dos indicadores).

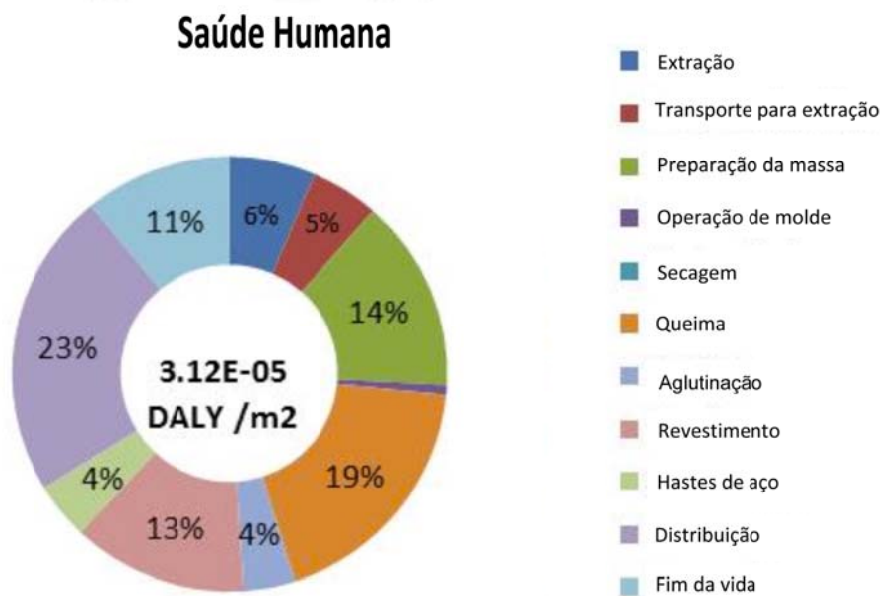


Figura 3-3 – Contribuição para o impacto na Saúde Humana dos estágios do ciclo de vida para a parede de bloco cerâmico

Qualidade do ecossistema

A Figura 3-4 descreve a contribuição no impacto na Qualidade do Ecossistema. A principal fonte de impacto é a distribuição por emissão de metal como parte total das emissões, na abrasão dos pneus. Os modelos de ecotoxicidade para metais se relacionam com os corpos do solo e água, têm uma baixa confiabilidade, por uma grande incerteza do indicador de danos sobre a Qualidade do Ecossistema. A fase do revestimento é o segundo maior contribuinte para o impacto. A construção dos poços de óleo cru (requeridos na extração de óleo cru para o processo de produção do mesmo) é o maior responsável para esta contribuição. Mais especificamente, alumínio e zinco dos resíduos da perfuração de poços vão para o solo quando os descartes da construção dos poços são espalhados pelas terras das fazendas. Contudo, é importante notar que está baseado no modelo genérico de produção de óleo cru, e pode não ser aplicável para o contexto brasileiro. O transporte relacionado com o fim da vida dos blocos cerâmicos também contribui amplamente para o impacto, algo em torno de 12%.

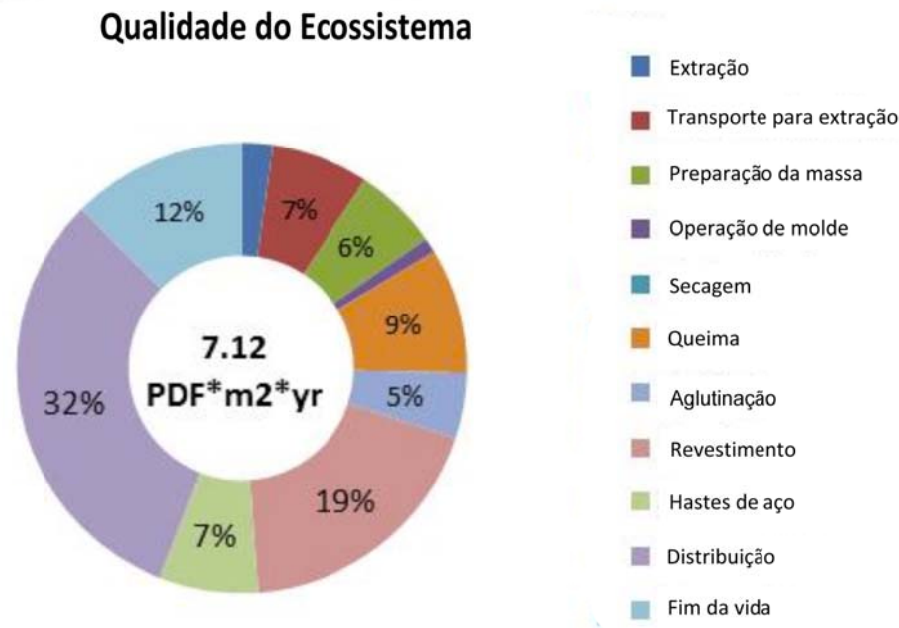


Figura 3-4 – Contribuição para o impacto na Qualidade do Ecossistema dos estágios do ciclo de vida para paredes de blocos cerâmicos

Esgotamento de recursos

A Figura 3-5 mostra a distribuição do impacto no Esgotamento de Recursos causado pelos diferentes estágios do ciclo de vida. As etapas de distribuição e revestimento são as que mais contribuem para este impacto. Por um lado a distribuição reflete 28% do impacto em decorrência do uso de combustíveis fósseis (diesel para transporte). Por outro lado, a etapa de revestimento representa 24% do impacto, o qual é atribuído ao uso de combustíveis fósseis para o processo intensivo em energia da produção do cimento.

Deve ser lembrado mais uma vez que o combustível usado para produção de calor na etapa de cozedura não é contabilizado neste indicador por ser de natureza renovável, ao contrário das alternativas fósseis, as quais contribuiriam significativamente para este indicador.

Também deve ser observado que este indicador considera o impacto no esgotamento de recursos de minerais extraídos pelo cálculo da energia adicional necessária para extrair cinco vezes mais do que a quantidade cumulativa retirada desde o início da extração (Jolliet et al. 2003, atualizado em Humbert et al. 2012). No caso da areia, argila e calcário, as reservas desses minerais são suficientemente abundantes para que o excesso de energia para extração seja próximo de zero. Por esta razão, a extração desses minerais não tem impacto no indicador de Esgotamento de Recursos.

Esgotamento de recursos

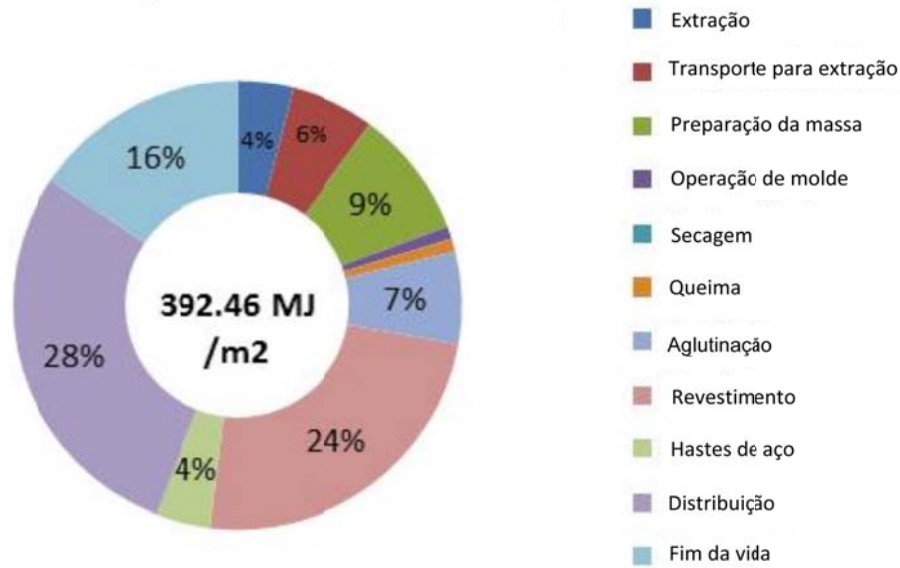


Figura 3-5 - Contribuição para o impacto dos estágios do ciclo de vida no Esgotamento de Recursos de paredes de blocos cerâmicos

Retirada de água

A Figura 3-6 ilustra a contribuição de cada fase do ciclo de vida para a Retirada de Água em geral. Como resultado, a etapa de aglutinação encontra-se no topo, em razão da água utilizada para produção da cal inclusa na argamassa. Esse processo representa 70% do total de água retirada.

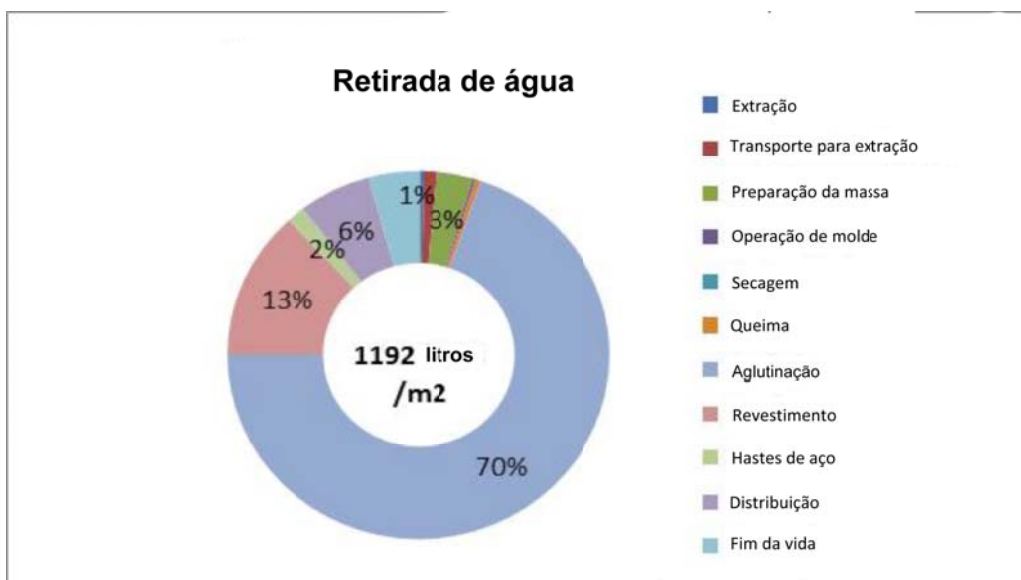


Figura 3-6 – Contribuição para o impacto dos estágios do ciclo de vida na Retirada de Água para Parede de blocos cerâmicos

3.2.2 Parede de blocos de concreto

Mudanças climáticas

A Figura 3-7 mostra a contribuição das emissões para a Mudança Climática dos diferentes estágios do ciclo de vida de blocos de concreto. As emissões aqui por m² de parede são o dobro das emissões de blocos cerâmicos funcionais equivalentes. Como demonstrado na figura, a maioria dessas emissões adicionais ocorre durante a produção do bloco de concreto (produção de cimento), especificamente no processo de clínquerização. Normalmente, por volta de 45% das emissões de CO₂ durante essa etapa é um produto da reação química ocorrida durante a calcinação, enquanto o restante é emitido como produto da queima de combustível, já que essa etapa requer uma grande quantidade de calor gerada a partir da queima de combustíveis fósseis.

Adicionalmente, o estágio de revestimento é a segunda fonte de impacto na Mudança Climática, devido a emissões de GEE no processo de clínquerização exigido para produzir o cimento para a argamassa, como explicado previamente.

O transporte para distribuição também constitui uma importante fonte de impacto na Mudança Climática (emissões de CO₂ devido à queima de combustível).

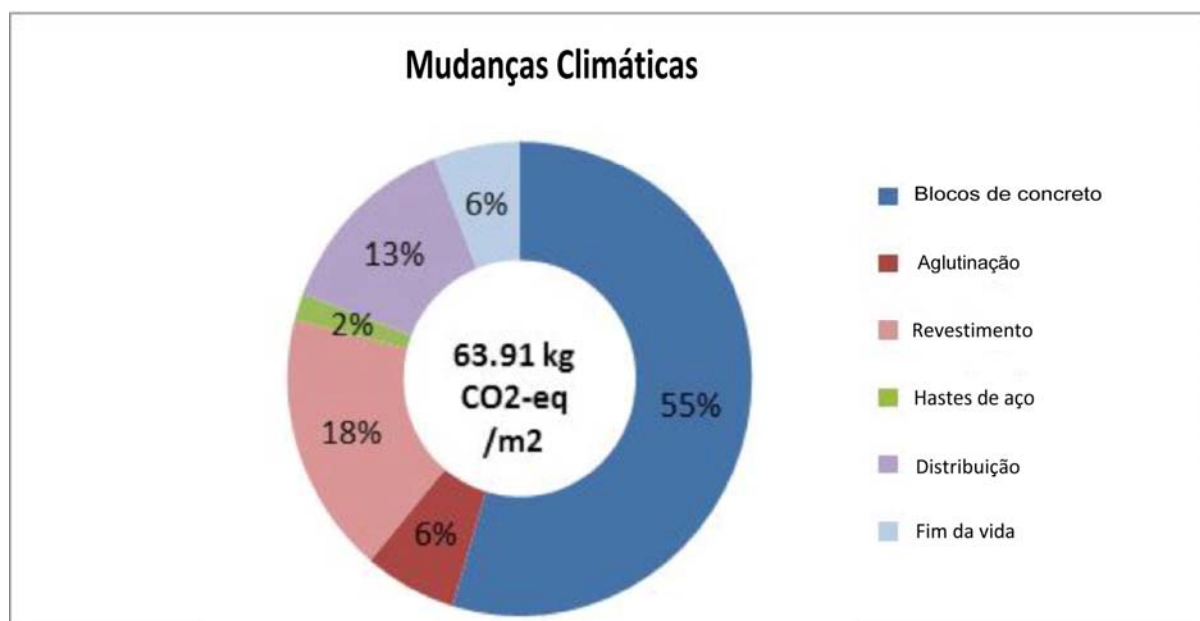


Figura 3-7 – Contribuição para o impacto nas Mudanças Climáticas dos estágios do ciclo de vida para parede de blocos de concreto

Saúde humana

A Figura 3-8 ilustra a distribuição do impacto na Saúde Humana ao longo dos estágios do ciclo de vida. A contribuição principal vem da produção de blocos de concreto. Isso é devido às emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) durante a queima de combustível fóssil na etapa de clínquerização.

A próxima maior contribuição vem da distribuição e fim de vida, devido ao NOx emitido durante queima de combustível dos caminhões de transporte.

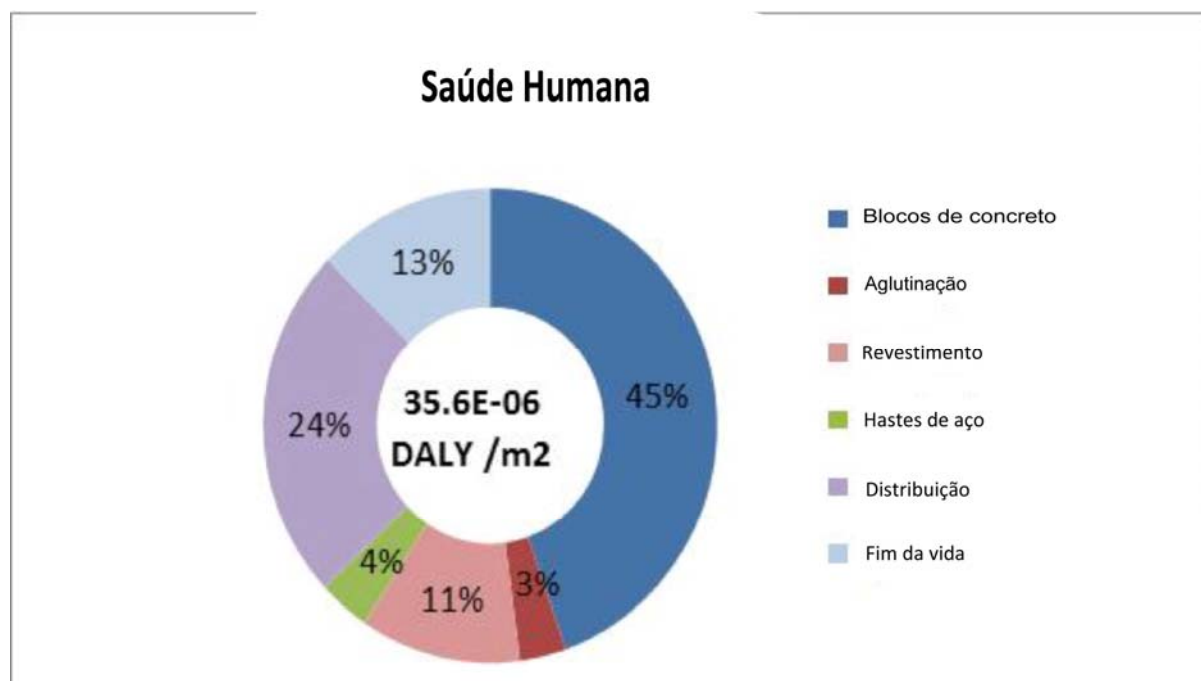


Figura 3-8 - Contribuição do impacto na Saúde Humana dos estágios do ciclo de vida de Parede de blocos de concreto

Qualidade do ecossistema

A Figura 3-9 mostra a contribuição para o impacto na Qualidade do Ecossistema, com a produção do bloco de concreto representando 43% desse impacto. Mais uma vez, a construção de poços de petróleo bruto (exigidos para extrair petróleo bruto para produção de coque de petróleo) é a principal responsável por essa contribuição. Mais especificamente, o alumínio e o zinco dos resíduos de perfuração vão parar no solo quando os resíduos da construção do poço se espalham pelo terreno. Entretanto, é importante notar que isso é baseado em um modelo genérico para produção de coque de petróleo, e pode não ser aplicável no contexto brasileiro.

Finalmente, a segunda importante contribuição vem da distribuição, também em decorrência do metal emitido como parte das emissões totais, na abrasão do pneu.

Modelos de ecotoxicidade para metais liberados em solo e copos de água possuem baixa confiabilidade, daí a alta incerteza do indicador de danos à Qualidade do Ecosistema.

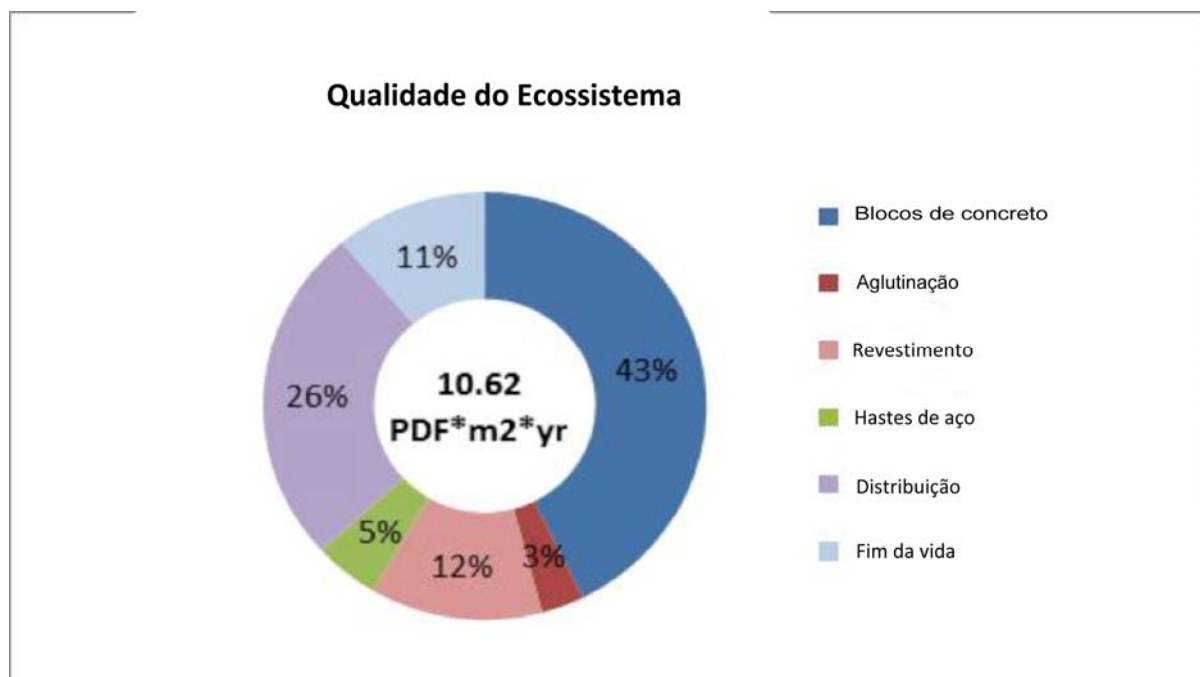


Figura 3-9 – Contribuição para o impacto dos estágios do ciclo de vida na Qualidade do Ecosistema para Paredes de blocos de concreto

Esgotamento de recursos

A Figura 3-10 ilustra a contribuição para o impacto no Esgotamento de Recursos, sendo a produção do bloco de concreto a maior contribuição, seguida do transporte de distribuição, devido, em ambos os casos, ao uso de combustíveis fósseis (coque de petróleo para produção de cimento Portland e produção de clínquer e combustível de consumo do caminhão). A distribuição da contribuição é relativamente aproximada àquela da Mudança Climática.

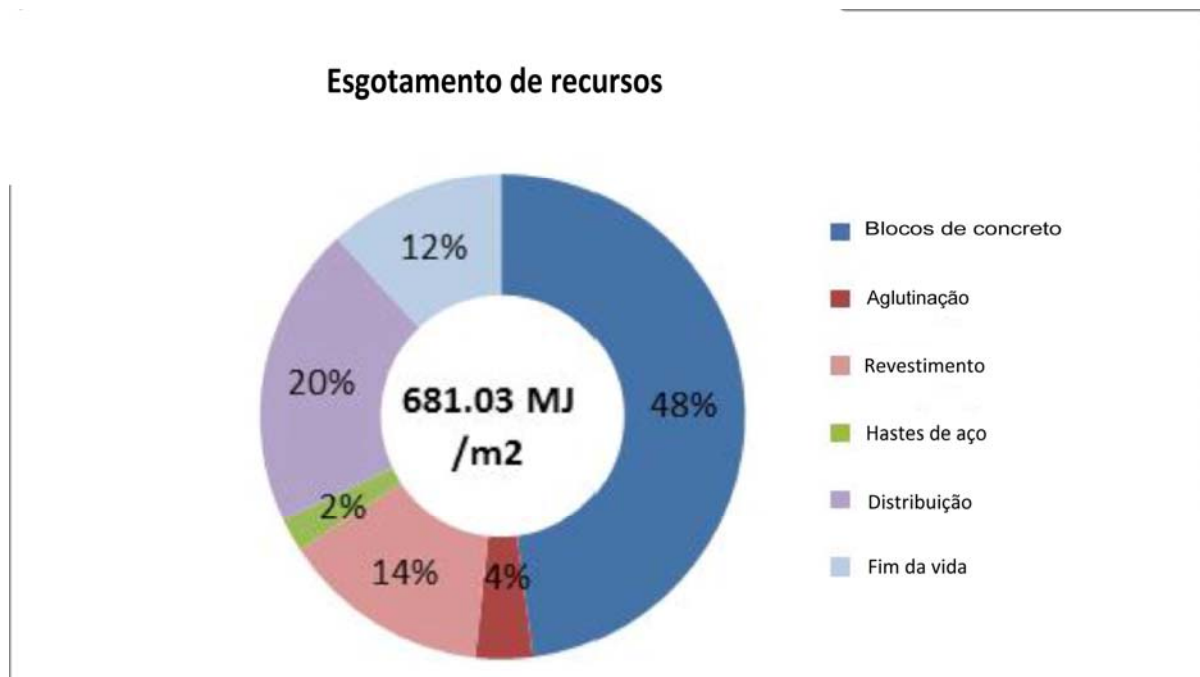


Figura 3-10 - Contribuição para o impacto dos estágios do ciclo de vida no Esgotamento dos Recursos para parede de blocos de concreto

Retirada de água

A Figura 3-11 descreve a contribuição de Retirada de Água por estágio do ciclo de vida. Assim como no caso do bloco cerâmico, o estágio de aglutinação aparece no topo, com uma grande quantidade de água utilizada para produção de cal (46%).

Ela vem seguida da produção do bloco de concreto com retirada de água durante a extração de areia e produção de clínquer.

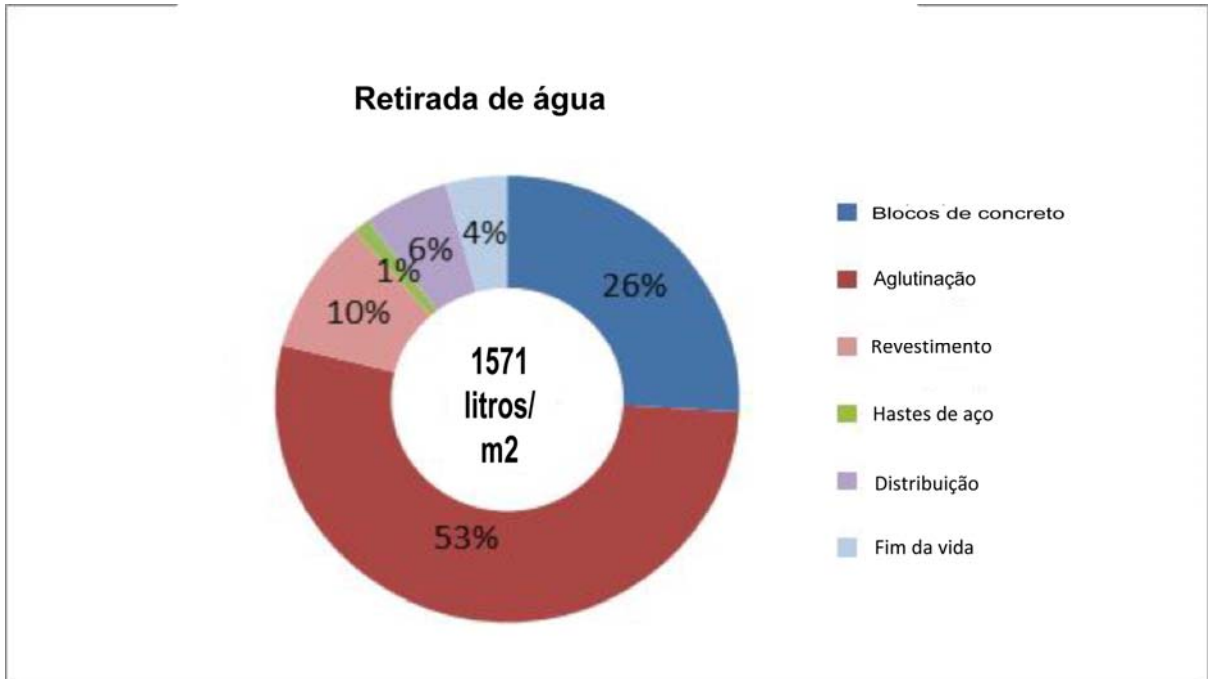


Figura 3-11 – Impacto de Retirada de Água para parede de blocos de concreto

3.2.3 Parede de concreto armado moldado in loco

Mudança climática

A Figura 3-12 mostra a contribuição de emissões para a Mudança Climática de diferentes estágios do ciclo de vida de paredes de concreto armado in loco. Os impactos aqui por m² são quase três vezes aqueles de uma parede de blocos cerâmicos funcionalmente equivalente.

A principal contribuição vem da produção de concreto, que representa 52% do impacto, o qual é novamente atribuído a emissões de GEE durante o processo de cliquerização. A produção das hastes de aço constitui a segunda fonte de impacto na Mudança Climática (30%). Isso se deve principalmente às emissões de GEE associadas à queima de carvão das usinas para o processo intensivo em energia da produção de aço.

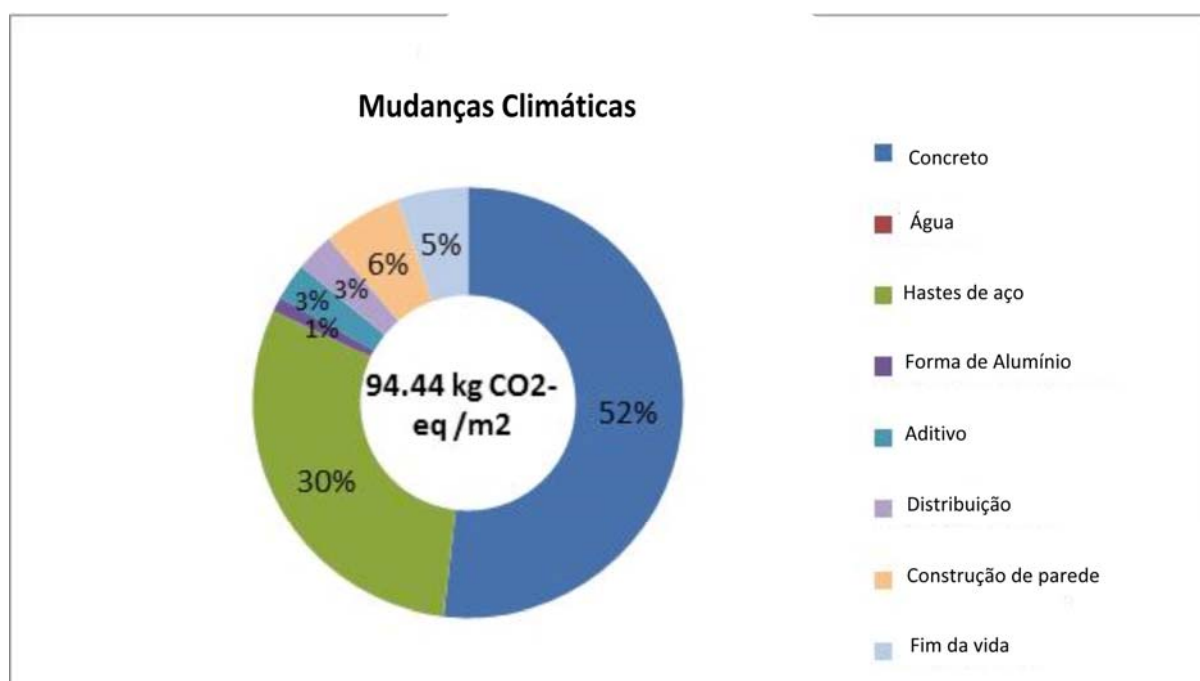


Figura 3-12 – Contribuição dos estágios do ciclo de vida para o impacto na Mudança Climática de parede de concreto armado

Saúde humana

A Figura 3-13 ilustra a expansão da contribuição dos estágios do ciclo de vida para o impacto na Saúde Humana. A principal contribuição vem da produção de hastes de aço, que representa metade dos impactos, principalmente devido a emissões de partículas finas (PM2.5) para a produção de material bruto exigido para fabricação de aço, apresentadas na categoria intermediária de inorgânicos respiratórios, ligados a problemas respiratórios (ver Apêndice E para resultados de indicadores intermediários).

A segunda principal contribuição, representando 26% dos impactos, vem da produção do bloco de concreto. Isso em razão das emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) durante queima de combustíveis fósseis no processo de clínquerização.

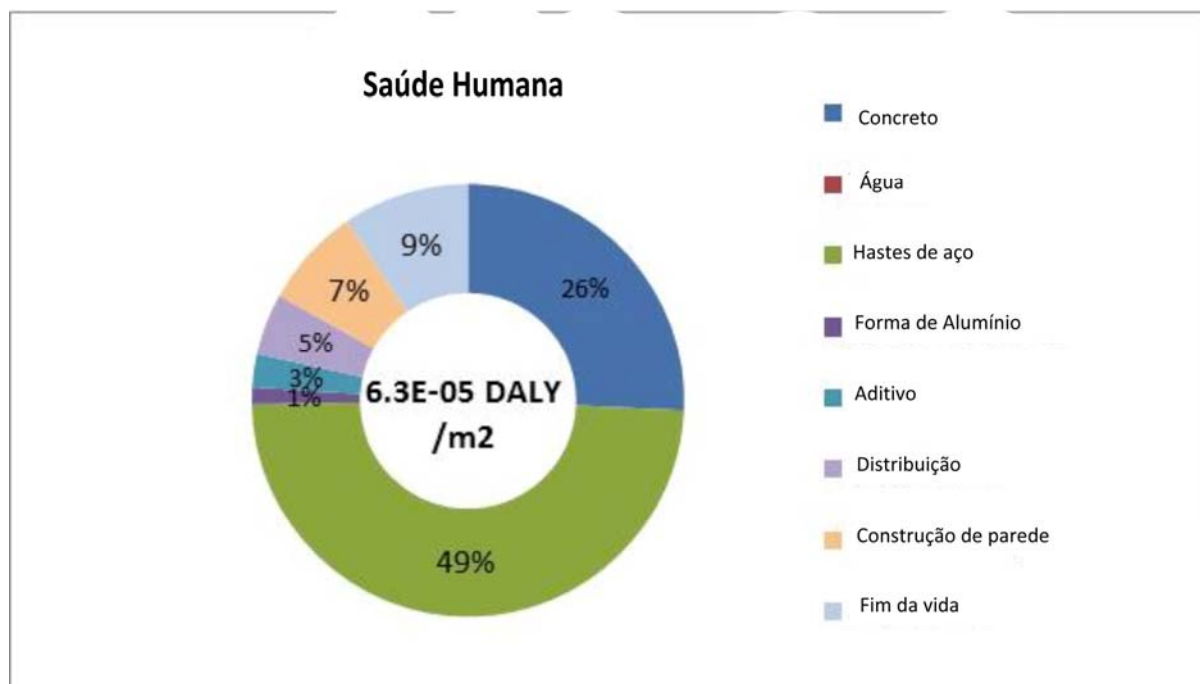


Figura 3-13 - Contribuição dos estágios do ciclo de vida para impactos na Saúde Humana de parede de concreto armado moldado in loco

Qualidade do ecossistema

A Figura 3-14 mostra as contribuições para o impacto na Qualidade do Ecossistema. Com 60%, a produção de hastes de aço é o maior contribuidor para a Qualidade do Ecossistema devido a emissões de metal na produção de ferrocromo e ferroníquel (como alumínio em suspensão durante operação de detonação, assim como emissões de níquel e cromo durante processo de produção). Ela vem seguida da produção de concreto, que representa 22% dos impactos em relação à qualidade do ecossistema (emissões de resíduos de perfuração para produção de coque de petróleo).

Modelos de ecotoxicidade para metais liberados em solo e corpos de água possuem baixa confiabilidade, daí a alta incerteza do indicador de danos à Qualidade do Ecossistema.

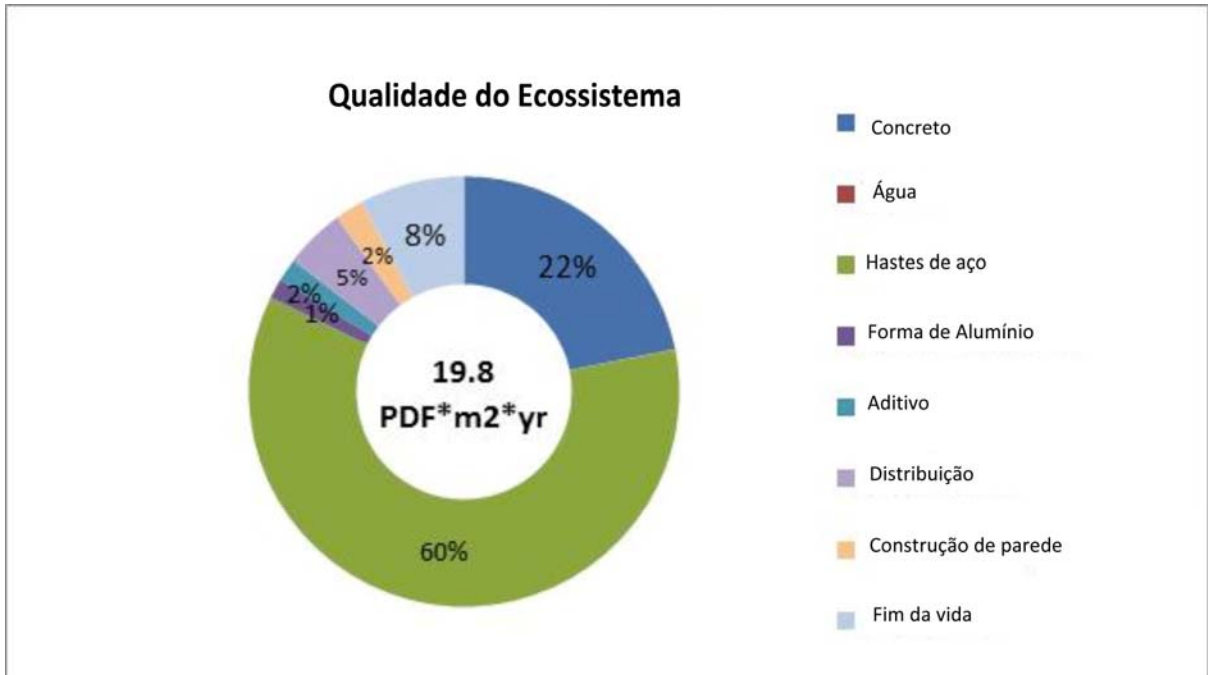


Figura 3-14 – Contribuição dos estágios do ciclo de vida para o impacto na Qualidade do Ecosistema de paredes de concreto armado moldado in loco

Esgotamento de recursos

A Figura 3-15 mostra a contribuição para Esgotamento de Recursos, onde a produção de hastes de aço é o maior contribuidor, devido à alta energia demandada em sua produção. Em seguida, vem a produção de cimento Portland, que é atribuída ao uso de combustível fóssil para o processo intensivo em energia da produção de cimento.

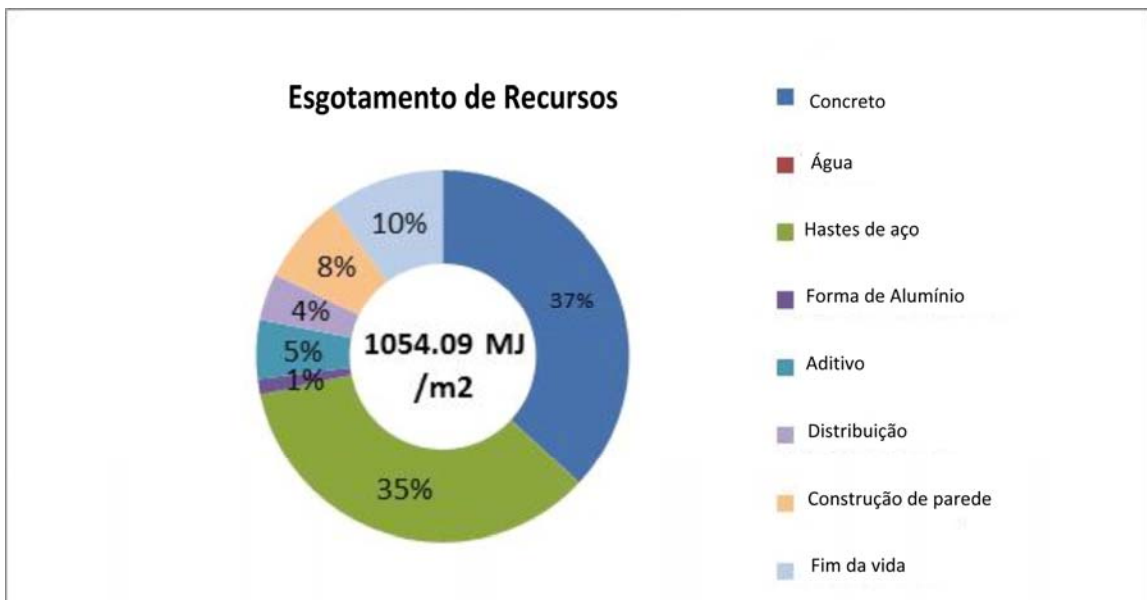


Figura 3-15 - Contribuição dos estágios do ciclo de vida para o impacto no Esgotamento de Recursos de parede de concreto armado moldado in loco

Retirada de água

A Figura 3-16 mostra o gráfico da contribuição para retirada de água por estágio do ciclo de vida. A produção de concreto está no topo, com retirada de água primariamente durante produção de clínquer. Uma importante quantidade de água também é captada durante a extração do cascalho e areia, dois importantes componentes do concreto.

A utilização do aço é até 24 vezes maior do que no caso das paredes de cerâmica e blocos de concreto. Logo, não é surpreendente que a segunda contribuição venha da produção de hastes de aço (34% da retirada de água). Isto é atribuído ao uso de água de resfriamento em usinas de carvão para o processo intensivo em energia da produção de aço.

A retirada de água é um indicador de inventário e não representa impacto ao sistema sem a caracterização do impacto.

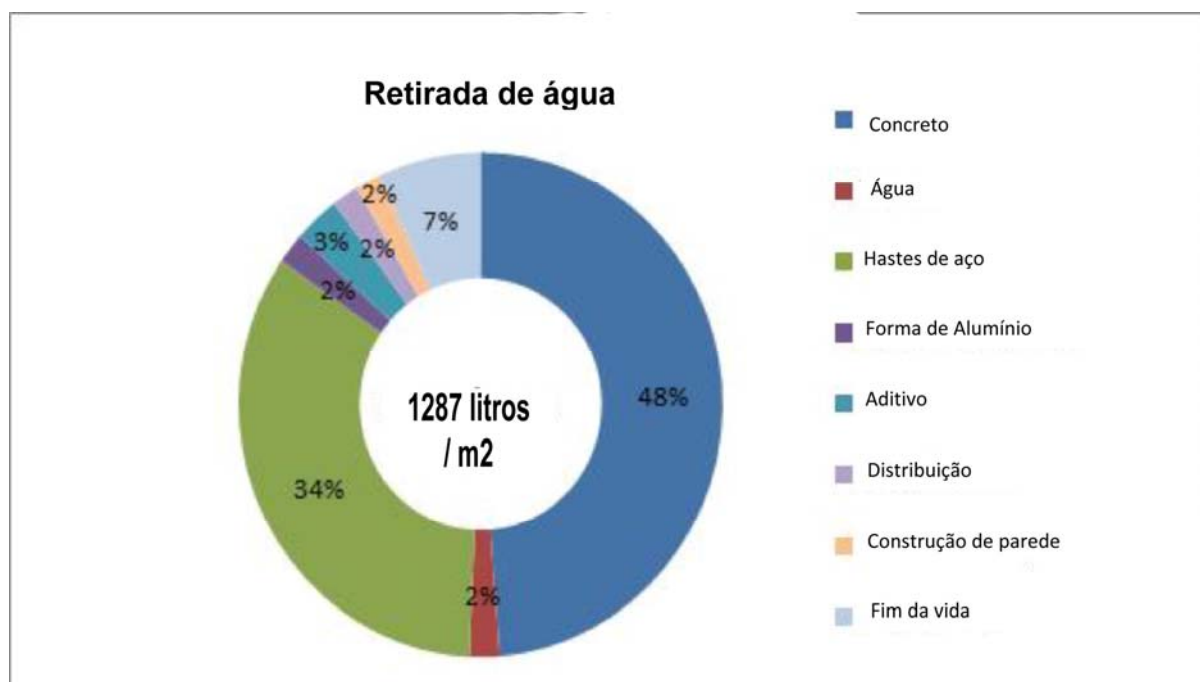


Figura 3-16 – Impacto na retirada de água de parede de concreto armado moldado in loco

3.3 Avaliação da qualidade do inventário de dados

A avaliação da qualidade dos dados busca identificar a necessidade de melhoria das informações. Ela explica as limitações na robustez dos resultados da ACV enquanto facilita a seleção das análises de sensibilidade a serem realizadas. Os resultados da avaliação de qualidade dos dados estão resumidos nas Tabela 3-3 e Tabela 3-4. Cada medida tem graus entre 1 (melhor grau) e 4 (pior grau). A legenda detalhada para a graduação dos dados pode ser vista no Apêndice C.

Tabela 3-3 - Avaliação de qualidade de dados para ACV de parede de bloco cerâmico

Estágio do ciclo de vida	Detalhe do processo	Descrição dos dados	Fonte dos dados	Importância dos dados	Confiabilidade	Representatividade
Extração	Extração de argila do poço	Combustível	ANICER	Média	1	1
		Processamento	ecoinvent		3	3
Transporte da extração	Transporte de argila bruta do poço à fábrica	Distância	ANICER	Alta	2	3
	Transporte de ingredientes de argamassa	Distância	ANICER	Alta	2	3
Preparação da massa	Mistura da argila bruta	Combustível e processamento	ANICER	Baixa	1	1
Operação/Modelagem	Formação dos blocos	Combustível, material, processamento	ANICER	Baixa	1	1
Secagem	Blocos secos pelo resíduo de calor da queima	-	ANICER	Nula	1	1
Queima	Queima de lascas de madeira no forno	Combustível	ANICER	Alta	1	1

Aglutinação	Mistura seca para produção de argamassa	Energia, materiais e processo	ecoinvent	Alta	2	3
Revestimento	Mistura seca para produção de argamassa	Energia, materiais e processamento	ecoinvent	Alta	2	3
Produção de hastes de aço	Produção de aço	Energia, materiais e processamento	ecoinvent	Alta	2	3
Empacotamento	Empacotamento de blocos para distribuição	Energia, materiais e processamento	ecoinvent	Baixa	3	3
	Empacotamento de argamassa para distribuição	Energia, materiais e processamento	ecoinvent	Baixa	3	3
Distribuição	Transporte ao consumidor final	Distâncias	ANICER	Alta	1	1
	Empacotamento de blocos e argamassa para distribuição	Energia, materiais e processamento	ecoinvent	Baixa	3	3
Fim da vida	Destino de fim da vida	Distância até o aterro, aterro	ANICER	Baixa	3	1

Tabela 3-4 - Avaliação de qualidade de dados para ACV de parede de bloco de concreto

Estágio do ciclo de vida	Detalhe do processo	Descrição dos dados	Fonte dos dados	Importância dos dados	Confiabilidade	Representatividade
Produção dos blocos de concreto	Produção de clínques	Mistura de combustível	CCAP	Alta	1	1
		Material e processamento	ecoinvent		2	3
	Produção de cimento	Energia, materiais e processamento	ecoinvent		2	3
	Produção de concreto, mistura, formação, curação	Energia, materiais e processamento	ecoinvent	Baixa	2	3
Aglutinação	Mistura seca para produção de argamassa	Energia, materiais e processamento	ecoinvent	Alta	2	3
Revestimento	Mistura seca para produção de argamassa	Energia, materiais e processamento	ecoinvent	Alta	2	3
Produção de hastes de aço	Produção de aço	Energia, materiais e processamento	ecoinvent	Alta	2	3
Distribuição	Transporte do material para produção de concreto	Transporte de agregados (areia, cascalho, pedra triturada)	ANICER	Média	1	1
		Transporte de cimento	ecoinvent		3	2
		Transporte de hastes de aço	ANICER		1	1
	Transporte para consumidor final	Distâncias	ANICER	Alta	1	1

Estágio do ciclo de vida	Detalhe do processo	Descrição dos dados	Fonte dos dados	Importância dos dados	Confiabilidade	Representatividade
	Empacotamento	Energia, materiais e processamento	ecoinvent	Baixa	2	3
Fim da vida	Destino de fim da vida	Distância ao aterro	ANICER	Baixa	3	1

Tabela 3-5 - Avaliação da qualidade de dados para o LCA de parede de concreto armado

Estágio do ciclo de vida	Detalhes do processo	Descrição dos dados	Fonte dos dados	Importância dos dados	Confiabilidade	Representatividade
Produção de concreto	Produção de clínquer	Mistura de combustível	CCAP	Alta	1	1
		Material e processamento	ecoinvent		2	3
	Produção de cimento	Energia, material e processamento	ecoinvent		2	3
Produção de hastes de aço	Produção de aço	Energia, material e processamento	ecoinvent	Alta	2	2
Água	Retirada de água	Água da torneira para uso	ANICER	Baixa	1	1
Produção de alumínio	Produção de alumínio	Energia, material e processamento	ecoinvent	Alta	2	3
Produção de aditivos	Resina de melamina-formaldeído	Energia, material e processamento	ecoinvent	Média	2	3
Distribuição	Transporte do material para	Transporte de areia e	ANICER	Média	1	1

Estágio do ciclo de vida	Detalhes do processo	Descrição dos dados	Fonte dos dados	Importância dos dados	Confiabilidade	Representatividade
	produção de concreto reforçado	revestimento				
		Transporte de argila e calcário	ecoinvent		3	2
		Aditivos	ANICER		1	1
		Transporte de aço e alumínio	ANICER		1	1
	Transporte para o consumidor final	Distância	ANICER	Alta	1	1
	Empacotamento para distribuição	Energia, material e processamento	ecoinvent	Baixa	2	3
Construção da parede	Retirada de água	Requerimento de água para concreto reforçado fundido no local	ANICER	Média	1	1
	Concretagem	Caminhão misturador de concreto	ecoinvent	Média	3	2
Fim de vida	Destino ao fim de vida	Distância até aterro, aterragem	ANICER	Baixa	3	1

A avaliação mostra que os dados e parâmetros com maior contribuição aos impactos ambientais potenciais globalmente têm um grau de confiabilidade alto, ou pelo menos aceitável, enquanto a representatividade geográfica é por vezes baixa. Entretanto, estes são processos que existem há décadas, de forma que a transferência de tecnologia através das fronteiras assegura um grau de representatividade aceitável. Dados sobre a produção de clínquer e cimento podem se beneficiar de mais precisão para atingir o nível de qualidade de dados fornecidos para a produção de cerâmica, especialmente em termos de representatividade geográfica. Essa é uma das limitações desse estudo, como descrito na Seção 4.1.5

3.4 Análises de sensibilidade

As análises das limitações básicas são principalmente atribuídas a um inventário de dados de qualidade inferior. De fato, os processos incluídos no ciclo de vida dos produtos em estudo foram mantidos em sua forma normal, com algumas exclusões ou simplificações. É, portanto, importante que se avalie a extensão em que as mudanças relacionadas poderiam influenciar as conclusões, ajudando a identificar o critério de influência.

Foram feitas quatorze análises de sensibilidade para verificar a influência da hipótese de modelagem na conclusão do estudo. O resultado detalhado da tabela está no Apêndice G.

3.4.1 Vida útil dos blocos cerâmicos comparados com os blocos de concreto

Embora ambos os blocos cerâmicos durem até 40 anos, é muito difícil determinar a longevidade dos blocos por dois motivos. Primeiramente, a substituição é uma variável controlada pelo usuário com muitas influências como orçamento, prevenção (ou falta dela), uso e desgaste por variações das condições de clima, etc. A segunda razão é simplesmente a falta de rastreamento e de dados estatísticos para confirmar as hipóteses.

Uma análise de sensibilidade foi realizada para se entender a escala de variação dos resultados se um bloco durasse 10 anos a mais (+10) ou a menos (-10). Nesse caso, variando a vida útil de um bloco cerâmico com argamassa entre 30 e 50 anos.

A Figura 3-17 ilustra a influência que uma vida útil diferente teria na comparação.

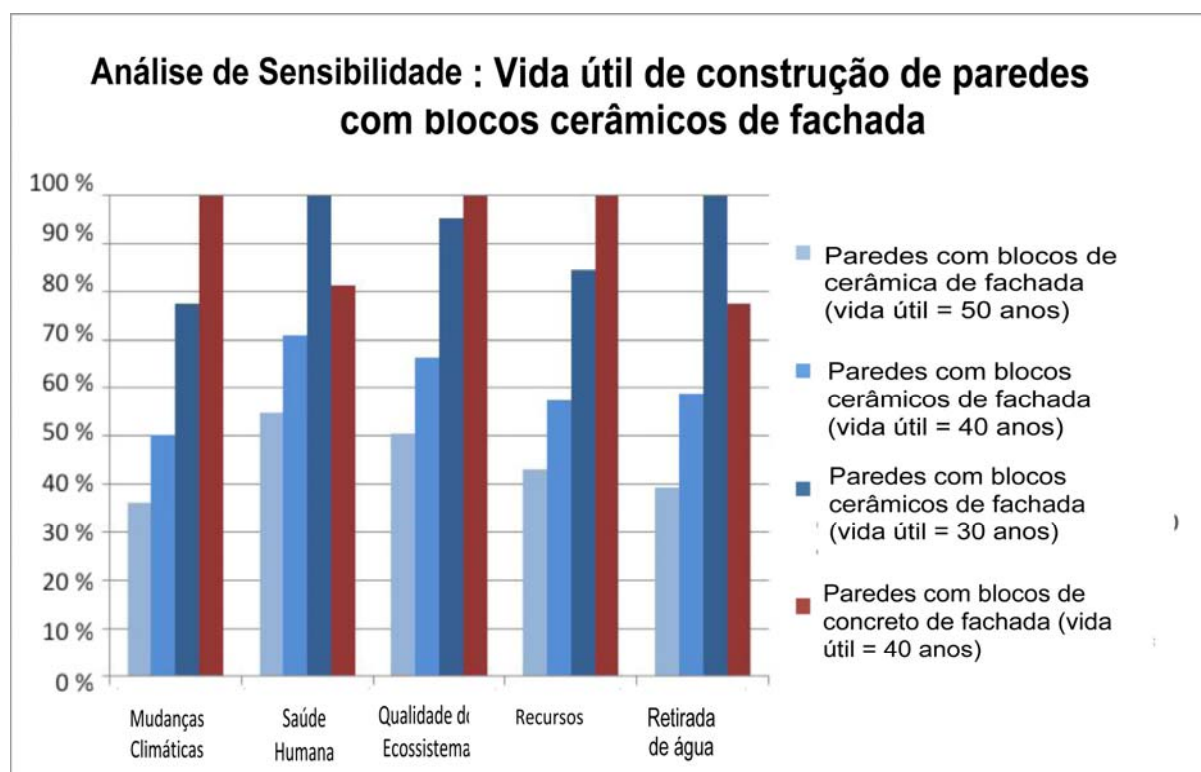


Figura 3-17 - Análise de sensibilidade na vida útil de paredes com blocos cerâmicos versus paredes com blocos de concreto

Uma vida útil 25% menor para o bloco cerâmico não influenciaria significativamente uma comparação, pois somente um impacto na Saúde Humana e a quantidade de água retirada mostraria uma conclusão diferente (impacto menor para o concreto). Quanto aos cenários básicos, a diferença entre as opções comparadas permaneceria muito pequena para ser considerada significativa. A análise de sensibilidade, assim, mostra que o resultado da comparação se mantém mesmo que a vida útil varie por até dez anos de diferença.

3.4.2 Vida útil do bloco cerâmico comparado a de concreto moldado

Uma análise de sensibilidade foi feita com o bloco cerâmico e o concreto moldado para entender a escala de variação do resultado se um tipo de bloco duraria 10 anos a mais (+10) ou a menos (-10). Nesse caso, variando a vida útil do bloco cerâmico com argamassa entre 30 e 50 anos.

A Figura 3-18 ilustra a influencia que vida útil diferente teria na comparação.

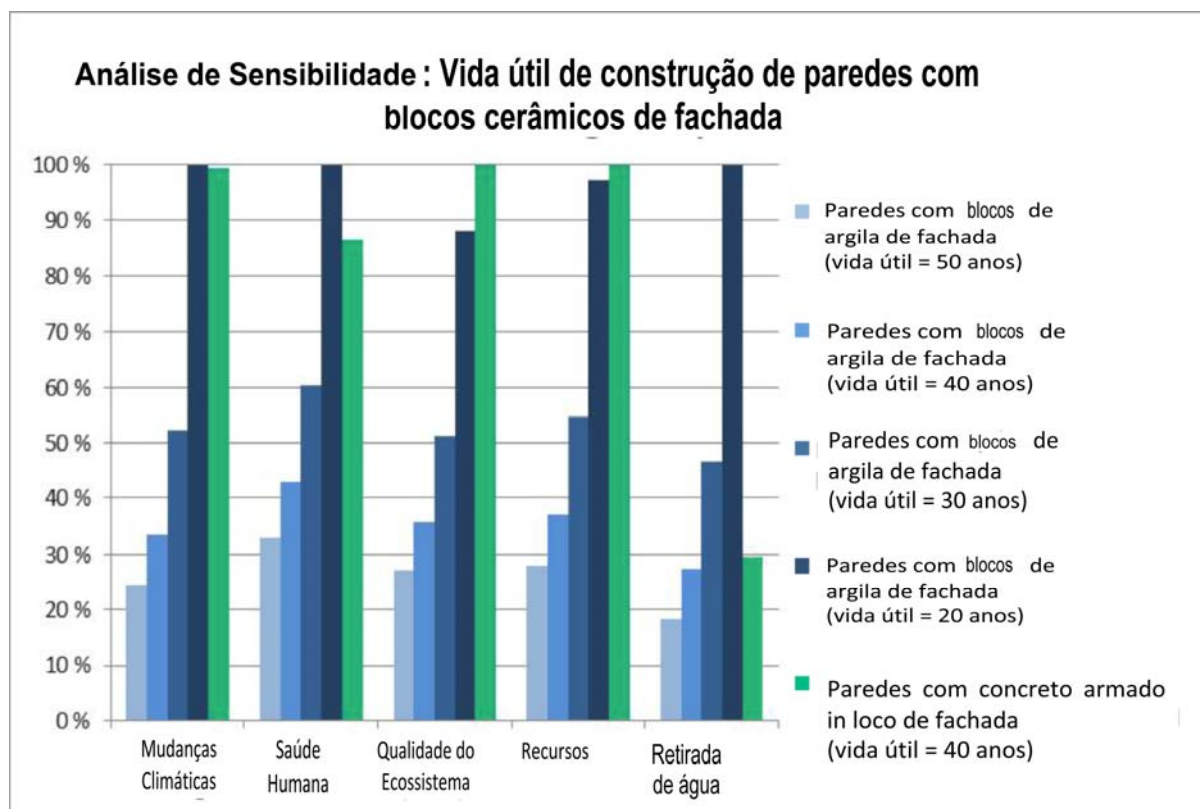


Figura 3-18 - Análise de sensibilidade de vida útil de paredes com blocos cerâmicos versus paredes com concreto armado in loco

Pela mesma lógica, uma vida útil 25% maior para um bloco cerâmico não influenciaria significativamente na comparação, tanto quanto para uma vida útil menor, enquanto apenas a Retirada de Água mostraria uma conclusão diferente (impacto maior para o concreto). Para o cenário base, a diferença entre as opções comparadas continuariam, de certa forma muito pequenas para serem consideradas significantes. A análise de sensibilidade, assim, demonstra que o resultado da comparação se mantém mesmo que a vida útil varie por até dez anos de diferença.

3.4.3 Uso do argilito na extração de argila

No Brasil, uma argila mais dura (chamada argilito) pode ser usada como alternativa para uma argila extraída normalmente. Esta argila é extraída com explosivos, exigindo um processo mais exaustivo. Entretanto, o argilito é considerado de melhor qualidade, o que tem gerado uma tendência de aumento de sua utilização (Santos, Revisão Crítica).

No “Comparativo ACV de Telhas Cerâmicas versus Telhas de Concreto” (Quantis, 2011), foi avaliado o impacto desta etapa extra de explosão. Os resultados foram testados para sensibilidade usando o processo ecoinvent de explosão normalmente utilizado na produção de pedras.

O resultado desta análise mostra que a explosão teve um resultado de baixo impacto, com exceção de um aumento do impacto na Qualidade Ecosistema, que apenas reduziria o fosso entre as comparações do cenário, tornando-o mais difícil para discriminar entre o cenário de uma parede para a outra.

3.4.4 Utilização de areia artificial na produção de concreto

A areia artificial é um tipo de material usado na construção obtido a partir de rocha natural esmagada. Uma etapa extra de esmagamento foi adicionada em uma análise de sensibilidade, baseada nos dadosecoinvent para testar a variabilidade nos resultados. Uma vez mais, a variação nos resultados em geral se mostra irrelevante.

3.4.5 Distâncias de transporte para distribuição dos blocos

Devido à variabilidade das distâncias de distribuição, foram testados cenários diferentes onde os blocos cerâmicos viajavam a uma distância de 1000 km, enquanto os de concreto e os moldados também foram testados em uma distância para ter uma distribuição igual à distância percorrida pelos blocos cerâmicos no cenário base que é de 50 km.

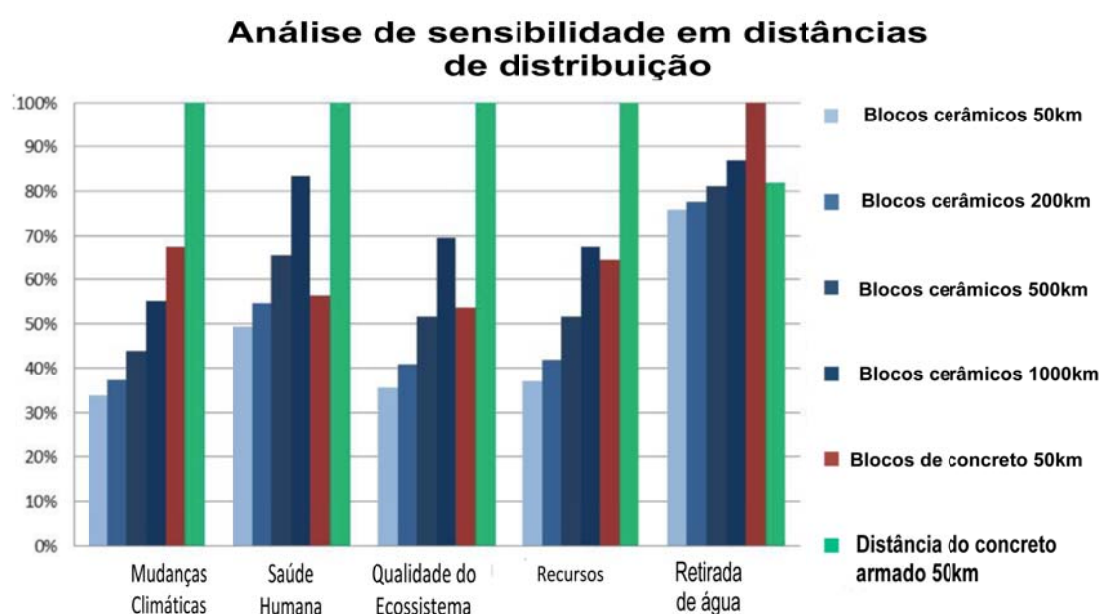


Figura 3-19 - Análise de sensibilidade em distâncias de distribuição

A Figura 3-19 ilustra que o resultado das comparações não é facilmente revertido. Como se pode observar na figura, os impactos são sempre menores para a parede de blocos cerâmicos em relação à parede de blocos de concreto e parede de concreto armado moldado in loco para Mudanças

Climáticas, menor para Saúde Humana contanto que a distância de distribuição não exceda 200 km, menor para Qualidade do Ecossistema e Recursos contanto que a distância não exceda 500 km, e menor para Retirada de Água para distâncias inferiores a 1000 km. Por todas essas razões, essa análise apoia o aspecto benéfico da parede de blocos cerâmicos para indicadores de impacto dos quais é possível tirar essa conclusão, contanto que a distância de distribuição não exceda 500 km.

3.4.6 Uso de embalagem para bloco cerâmico

A utilização de embalagens para blocos cerâmicos é cada vez mais popular. A embalagem foi também testada na análise de sensibilidade para avaliar a sua importância. Entretanto, os resultados obtidos no “Comparativo ACV de Telhas Cerâmicos versus Telhas de Concreto” (Quantis, 2011), mostram uma diferença secundária, confirmando que o empacotamento tem um impacto pequeno no resultado geral.

3.4.7 Emissões de produção de cimento

Devido à falta de dados para emissões causadas pela mistura de combustível na etapa de clínquerização no Brasil, uma análise de sensibilidade foi conduzida com dados de diferentes emissões, como fornecimento da Associação do Cimento do Canadá (CAC, 2011) para comparar com os dados de emissão originários dos Estados Unidos incluídos no conjunto de dados ecoinvent de 1998 para testar a escala de variabilidade, e como fornecimento pelo CCAP, pela a intensidade de CO₂ específico para o Brasil (0,649 t CO₂/t em vez de 0,75 t de CO₂/t de cimento para o cenário

base).

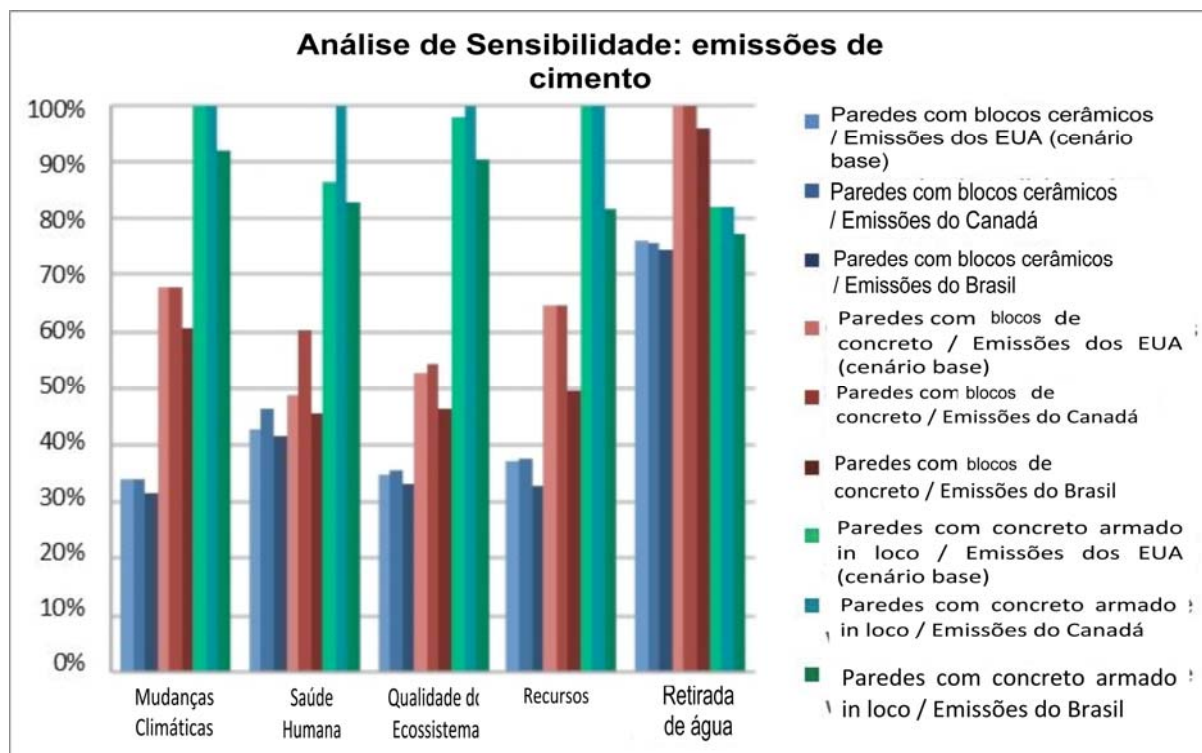


Figura 3-20- Análise de sensibilidade das emissões da produção de cimento

A Figura 3-20 mostra uma variação de 10% aproximadamente para impacto da Saúde Humana enquanto a maioria dos indicadores mostra o mesmo. Todavia, esses cenários diferentes de produção de cimento não revertem as tendências dos resultados.

3.4.8 Índice de perda de cimento e argamassa

Em razão da falta de dados pertencentes ao índice de perda de bloco e argamassa, a análise de sensibilidade foi conduzida por diferentes índices de perda para avaliar sua importância.

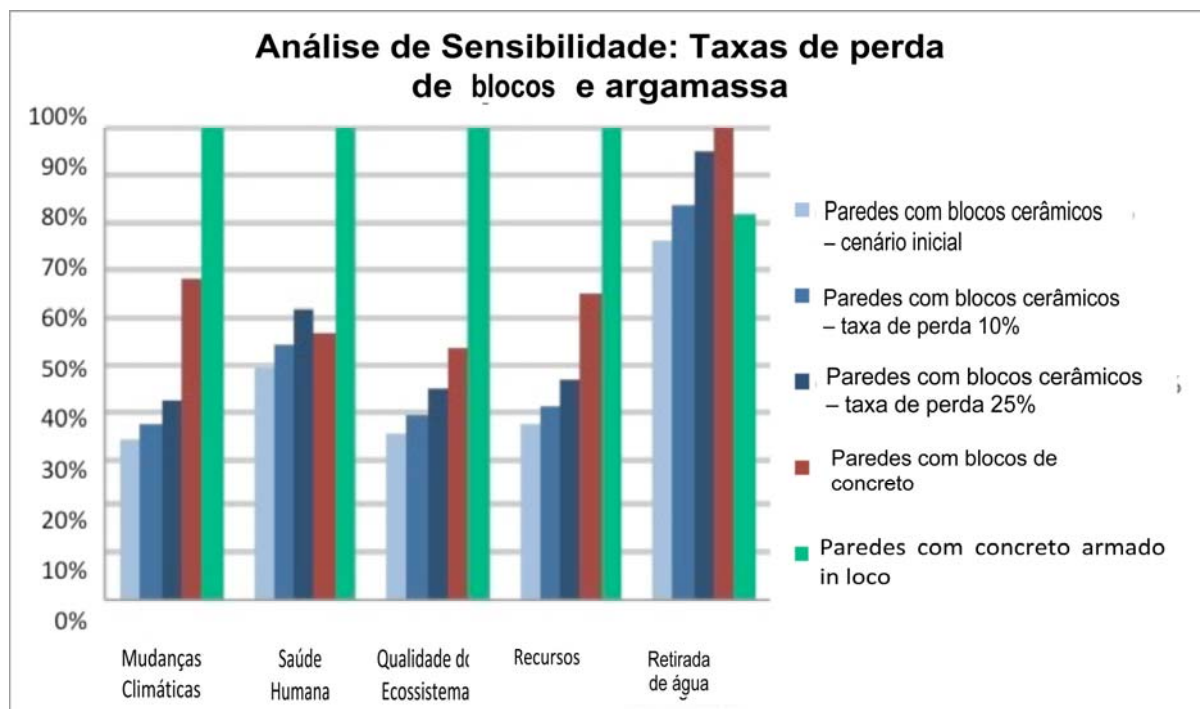


Figura 3-21 – Análise de sensibilidade de índices de perda de blocos e argamassa

A Figura 3-21 mostra o resultado das análises, demonstrando que em alguns casos o índice de perda pode ter um impacto relativamente alto nos resultados. Além disso, quando se considera um índice de perda de 10% para o bloco cerâmico, os impactos em relação a cada categoria são ainda menores do que esses para o bloco de cimento e do concreto moldado. Essas análises mantêm ao longo um desempenho ambiental melhor do bloco cerâmico comparado aos dois outros cenários.

3.4.9 Tipos de formas de estrutura de apoio

O alumínio usado como estrutura de apoio para as construções de concreto moldado são os mais usados no Brasil. No entanto, as formas de apoio também podem ser feitas por outros tipos de metais. Essa análise de sensibilidade estuda a influência de outros tipos de metais para as formas de estrutura de apoio. Para testar, mais especificamente, a sensibilidade do tipo de material, foram avaliadas três formas de estrutura de metal de apoio: alumínio (cenário base), hastes de aço e formas de aço inoxidável.

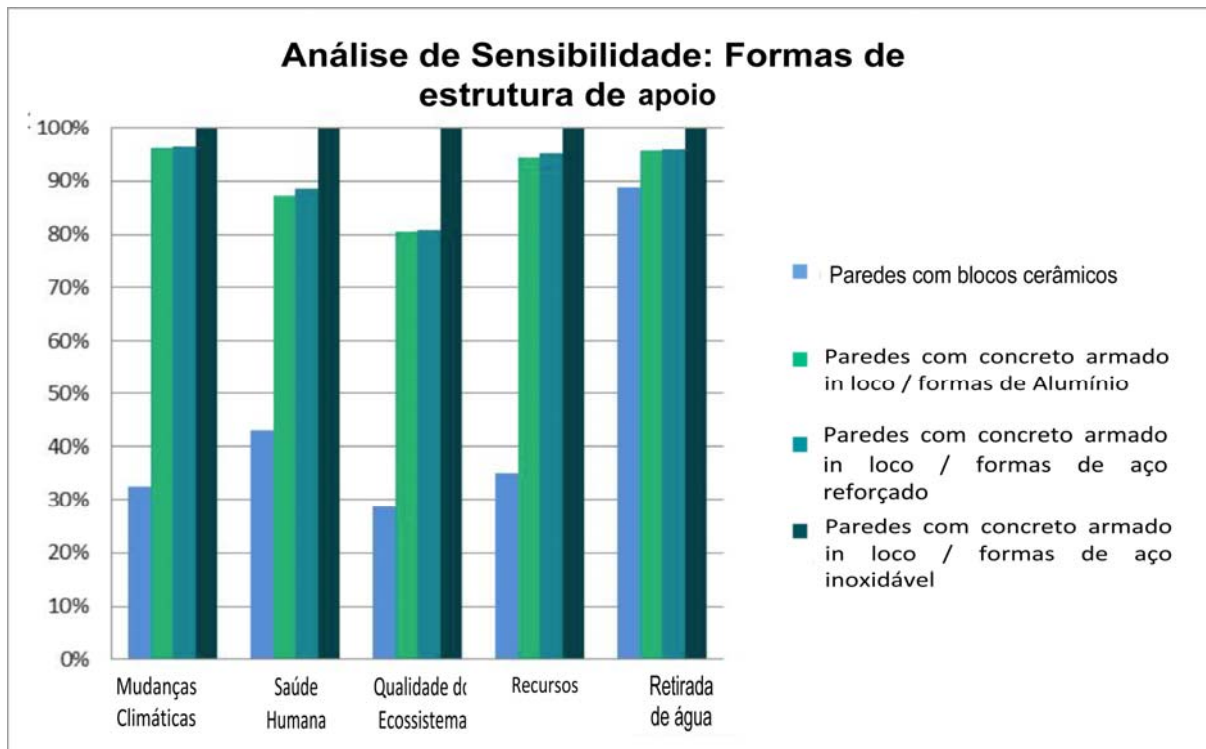


Figura 3-22 - Tipos de análise de sensibilidade de formas de estrutura de apoio

Como vemos na figura, as formas de aço inoxidável apresentam o maior impacto de todos, mas em uma categoria. Como resultado da emissão de cromo pela produção de aço inoxidável, o processo da forma desse tipo de apoio apresenta um impacto enorme na Saúde Humana e na Qualidade do Ecossistema. Em contrapartida, os três cenários possuem processo de produção e usam a mesma fonte de energia (combustível fóssil), mas não notado nenhum aumento significativo na mudança do clima ou de recursos.

Para concluir, o cimento fundido com alumínio (que é o cenário base) tem o menor impacto. Isto indica que o cenário base que usa formas de estrutura de apoio de alumínio é mais conservador e ainda apresenta um desempenho ambiental pior do que o cenário de blocos cerâmicos.

3.4.10 Quantidade de lascas de madeira

Os blocos cerâmicos são queimados e transformados em material sólido. Eles são queimados em processos de fornalha (ou outro tipo de sobras de material) fornecidos por serrarias. As lascas de madeira são modeladas usando um processo genérico de base de dados ecoinvent, onde o impacto de produção de madeira é alocado em diferentes produtos florestais diretos (i.e. indústria de madeira, madeira em tora lascas de madeira) usando uma alocação econômica, enquanto é adicionada uma correção baseada no volume, levando em conta a massa e a energia que não se

equilibram relativamente, com a alocação econômica em relação à utilização do CO₂ e o esgotamento de recursos da natureza (SCLCI, 2010).

Essa análise de sensibilidade estuda a influência da alocação do impacto do produto direto da floresta para o uso de lascas de madeira. O próprio fator de alocação não é um parâmetro de simples modificação. No entanto, desde que a variabilidade do fator de alocação tivesse um efeito direto na quantidade de lascas de madeira usada, o parâmetro que é testado nessa análise é a quantidade exigida de lascas de madeira (por exemplo, o aumento no fator de alocação que resultaria no aumento da quantidade de lascas de madeira requeridas para a queima).

A Figura 3-23 mostra o resultado da análise, demonstrando que a quantidade de lascas de madeira usada (i.e. o fator alocação para o impacto dos produtos florestais) tem uma pequena influência nos resultados. A quantidade de lascas de madeira usada durante a queima precisaria ser duas vezes maior do que a quantidade usada no cenário base para se notar uma mudança na tendência; mais especificamente na categoria de Saúde Humana e de maior influencia pelas partículas emitidas, e na Qualidade Ecossistema que é influenciada pelo indicador do Uso do Solo (Land Use indicator). É importante mencionar que as lascas de madeira são feitas principalmente de madeira industrial, mas certas partes podem vir de resíduos de madeira. Aqueles feitos de resíduos de madeira maciça e madeira com pouca resistência vêm na sua maioria da produção de toras de madeira ligadas às serrarias. A ocupação das terras nas florestas para produção de lascas de madeira é definida como floresta intensiva e extensiva, ou como floresta extensiva para aterro. O método de caracterização usado nesse estudo leva em consideração apenas a ocupação da terra, e não a sua transformação.

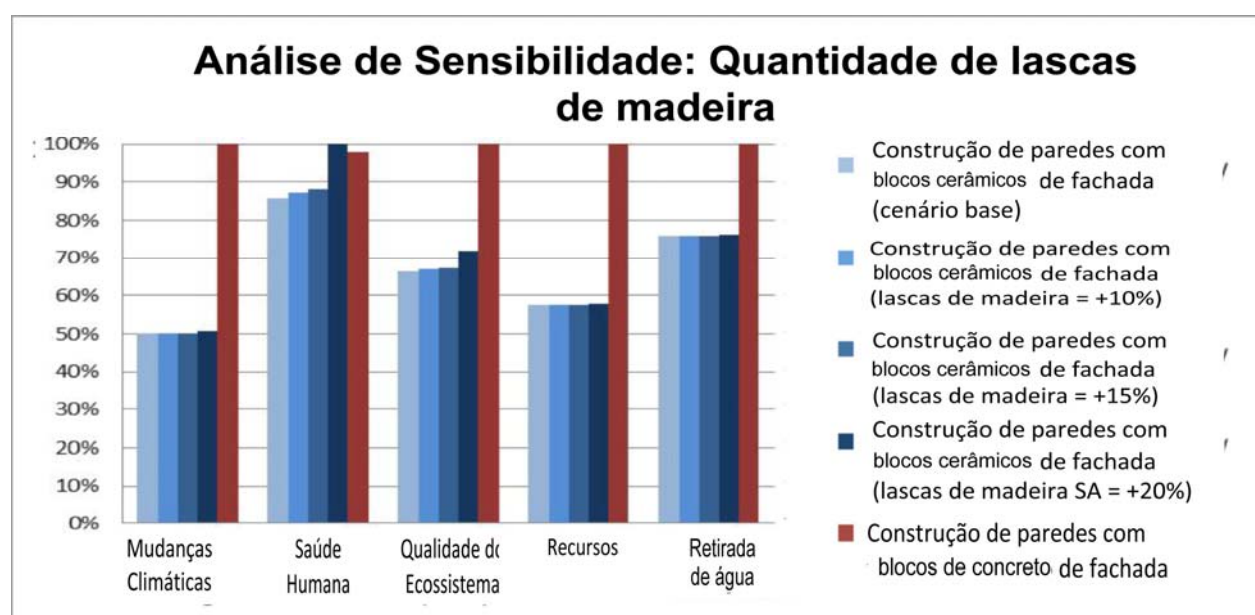


Figura 3-23 - Análise de sensibilidade na quantidade de lascas de madeira no processo de queima

3.4.11 Origem das lascas de madeira

Como mencionado anteriormente, as lascas de madeira usadas no processo de queima vêm das indústrias da madeira. Entretanto, as lascas de madeira podem ser retiradas das florestas. Essa análise de sensibilidade avalia o resultado obtido pelo cenário do bloco cerâmico quando as lascas de madeira são originárias da floresta, ao contrário da indústria de madeira (cenário base).

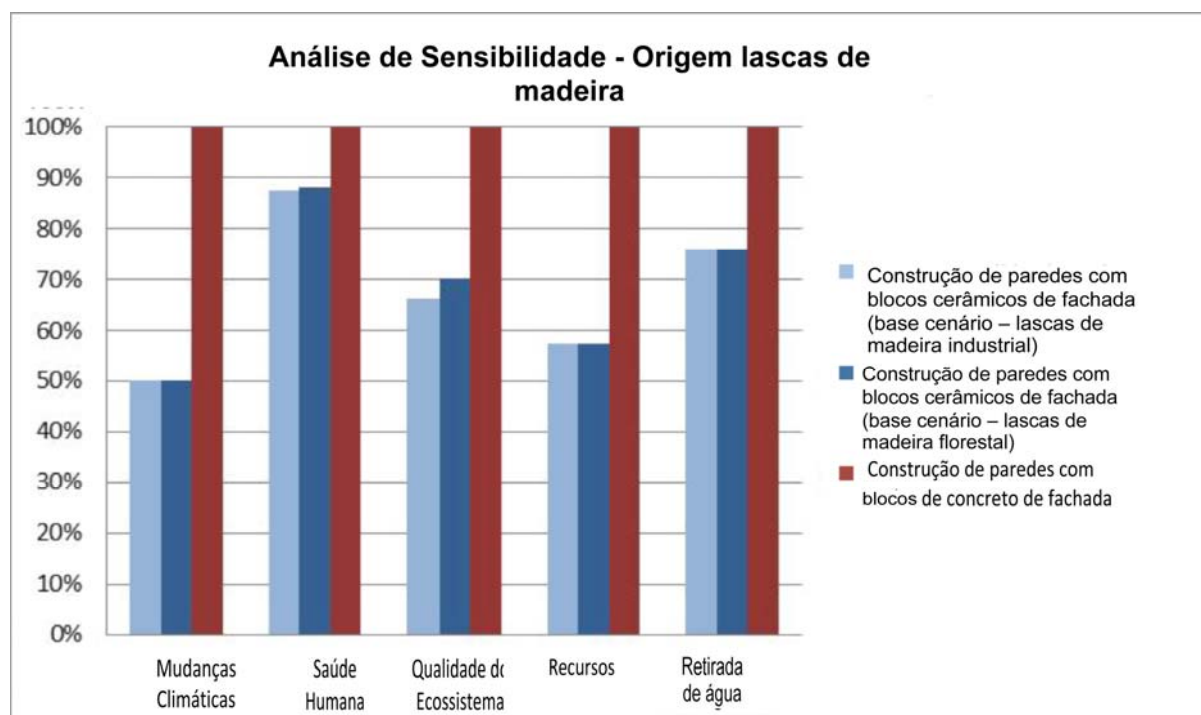


Figura 3-24 - Análise de sensibilidade da origem de lascas de madeira usadas na queima

Os resultados dessa análise indicam que quando comparados com o cenário do bloco de concreto, mesmo que a origem das lascas de madeira seja modificada, a conclusão continua a mesma: o bloco cerâmico supera o bloco de concreto.

3.4.12 Parede de concreto armado moldado in loco com argamassa

Para acelerar o término do trabalho de paredes de concreto armado moldado in loco no Brasil, é habitual não aplicar a argamassa e ainda obter um desempenho adequado da parede que ainda atende os requisitos de construção. Entretanto, para atingir desempenho ótimo, a argamassa é necessária. A Figura 3-25 mostra os impactos do ciclo de vida de paredes de blocos cerâmicos em comparação com paredes de concreto sem argamassa.

Análise de Sensibilidade: paredes de concreto armado in loco com argamassa

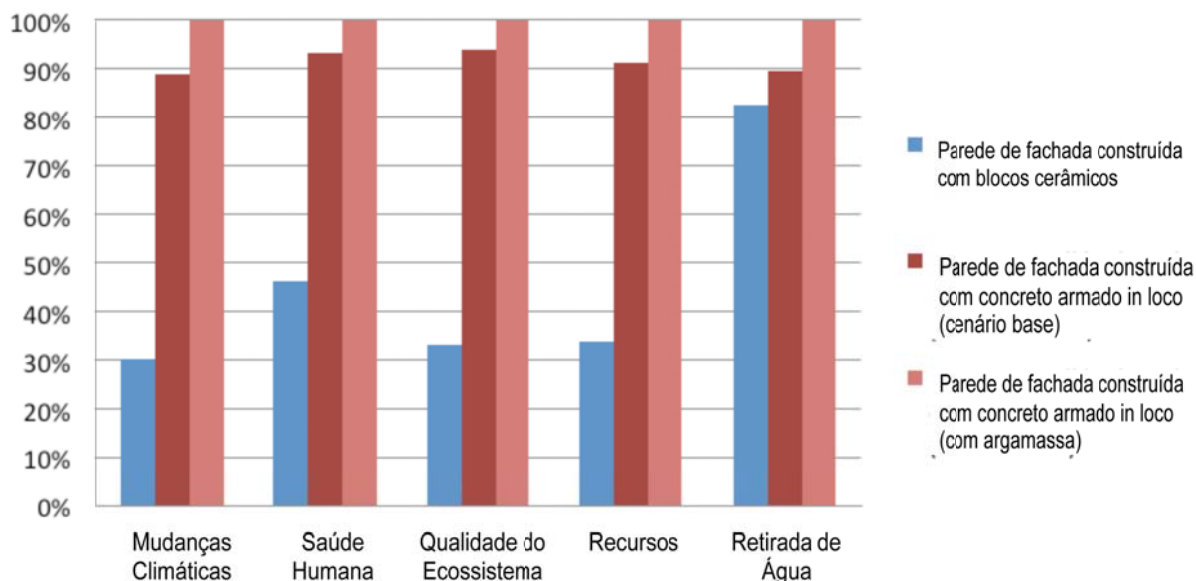


Figura 3.25 – Análise de sensibilidade de parede de concreto armado moldado in loco com argamassa.

Embora o impacto aumente ligeiramente para todas as categorias quando a argamassa é adicionada à parede (cerca de 7% a 12% de aumento), as conclusões do estudo permanecem válidas, e o benefício de blocos cerâmicos em relação ao concreto armado moldado in loco é mais uma vez demonstrado.

3.4.13 Resultados usando diferentes métodos de alocação

O método de alocação de limite foi usado na avaliação de impacto relacionado ao ciclo de vida dos resíduos usados na mistura de combustível na manufatura do cimento. A sensibilidade para esse método de alocação foi testado no “Comparativo ACV de Telhas Cerâmicas versus Telhas de Concreto” (Quantis, 2011). Para isso, foi usado um método de expansão de fronteiras para que a recuperação das sobras fosse atribuída ao primeiro uso dos resíduos (por exemplo, o uso original dos pneus reutilizados na recuperação de energia), enquanto o impacto da equivalência do combustível fosse incluído. Nesse caso, o impacto (ou falta dele) associado com o uso de 11% da perda residual na mistura de combustível foi substituído pela produção de energia com quantidade equivalente de carvão. As emissões da combustão continuaram as mesmas, enquanto estudos à parte conduzidos pela agência governamental dos EUA e empresas de consultoria de engenharia indicam que a queima de pneus tanto diminui como não afeta significativamente na emissão de vários contaminantes dos fornos de cimento (PCA, 2008). Os resultados apresentados indicam que

por causa da pequena contribuição da mistura de combustível total, a escolha do método de alocação tem um impacto relativamente trivial nos resultados.

3.4.14 Resultados usando ReCiPe como método de AICV

A AICV foi obtida usando o método IMPACT 2002+. Para confirmar os resultados, foi usado outro método de avaliação, o ReCiPe (H) (Goedkoop et al., 2009). A tabela 3-6 mostra uma diferença de impacto média (em %), como definido na seção anterior 3.1., quando compara os blocos cerâmicos com o concreto armado moldado in loco com ambos os métodos AICV.

Tabela 3-6 -Resultado comparativo da média de pontos ACV do bloco cerâmico e do concreto armado moldado (1 m²) (IMPACT 2002+e ReCiPe)

4 Categoria de Impacto	5 Blocos cerâmicos vs. blocos de concreto		6 Blocos cerâmicos vs. concreto armado moldado in loco	
	IMPACT 2002+	ReCiPe	IMPACT 2002+	ReCiPe
Cancerígenos	46% (carcinógenos)	29%	560% (carcinógenos)	306%
	61% (não carcinógenos)		340% (não carcinógenos)	
Inorgânicos Respiratórios	10%	27%	72%	126%
Radiação Ionizante	82%	82%	104%	105%
Esgotamento da Camada de Ozônio	74%	74%	125%	126%
Orgânicos respiratórios	44%	--	84%	--
Ecotoxicidade Aquática	69%	48%	293%	636%
Ecotoxicidade Terrestre	58%	52%	217%	157%
Ácida nutrição terrestre	32%	47%	43%	104%
Ocupação do solo	19%	-3% (ocupação do solo de agricultura)	33%	-36% (ocupação do solo de agricultura)
		57% (ocupação do solo urbano)		141% (ocupação do solo urbano)
		254% (transformação natural do solo)		575% (transformação natural do solo)
Acidificação Aquática	44%	--	92%	--
Eutrofização Aquática	77%	31% (marinho)	257%	88% (marinho)
		66% (água doce)		417% (água doce)
Energia não renovável	74%	74%	167%	170%
Extração Mineral	51%	66%	1245%	1166%
Aquecimento Global	100%	100%	195%	194%
Água turbinada	61%	--	392%	--
Retirada de água	32%	27%	8%	-7%

Os resultados gerados com o ReCiPe (H) mostram uma conclusão parecida na maioria das médias da categoria com exceção do Uso de Solo por ambas as comparações, e retirada de água na comparação do bloco cerâmico e concreto moldado.

As diferenças na tendência pelo Uso do Solo podem ser explicadas através de grandes incertezas ligadas a fatores de caracterização (o que não é o mesmo entre ambos os métodos). De fato, o método ReCiPe (H) leva em consideração a transformação do solo onde o Impact 2002+ caracterizou apenas a ocupação do solo. É importante, portanto, considerar o resultado obtido com o ReCiPe quando tirada as conclusões do indicador de Uso do Solo para captar o impacto da transformação do solo, que é sempre menor para o cenário do bloco cerâmico do que para equivalentes de concreto. Outra vez, nenhum guia é fornecido como uma diferença mínima requerida para tirar conclusões na comparação para esse indicador de média.

Deve-se novamente notar que o indicador de extração de mineral como foi calculado pelo IMPACT2002+, considera o impacto do recurso de esgotamento na extração dos minerais calculados pela energia requerida para extrair cinco vezes a quantidade cumulativa desde o seu início (Jolliet et al. 2003, como atualizado em Humbert et al. 2012). No caso da areia, argila e calcário, as reservas desses materiais são abundantes o suficiente para que a extração de energia em demasia seja quase zero. Por essa razão, a extração desses minerais não apresenta impacto no indicador de extração do mineral. Do mesmo modo, pelo método ReCiPe AICV, apenas o metal e a extração de fóssil são considerados recursos. Sendo assim, o impacto nos recursos pela extração de areia, argila e calcário não são captados por nenhum dos métodos.

Quanto a Retirada de Água, a diferença nos resultados pode ser explicada por dados de inventário diferentes e que está incluído em cada indicador do método de água. Os dados de inventário devem ser estabelecidos no indicador de Retirada de Água do IMPACT2002+ inclui o uso da água (em m³ de necessidade de água, se evaporada, consumida e liberada novamente rio afora) sem água turbinada (água correndo por estações de hidroelétrica). Considera-se água para consumo, irrigação e processos industrializados (incluindo processos de refrigeração), água fresca e água do mar. Por outro lado, o indicador de esgotamento de água do ReCiPe não inclui água de refrigeração e água para processos. Por essa razão, o volume total de água incluído em cada indicador do método não soma o mesmo valor.

3.5 Avaliação da incerteza por Monte-Carlo

Dos milhares de fluxos elementares inventariados nos processos básicos dos cenários estudados, a grande maioria das informações vem do banco de dados ecoinvent. A variabilidade da maioria está

representada por distribuição lognormal acerca da válvula central especificada (e usada para cálculos deterministas), caracterizados por seu desvio padrão. Esta variabilidade, entretanto, não é determinada estatisticamente usando-se medidas reais, e sim por estimativas ao se aplicar uma matriz de referência que descreva a qualidade dos dados por sua origem, método de coleta e representatividade geográfica, temporal e tecnológica (Weidema e WesnæsSuhr, 1996). Alguns dados também foram associados com uma distribuição uniforme e estatística, limitada por valores mínimos e máximos.

De forma similar, a variabilidade da maior parte dos dados coletados foi representada por uma distribuição lognormal cujo desvio padrão foi estimado usando-se a mesma matriz de referência ou com uma distribuição uniforme estatística, limitada por valores mínimos e máximos.

3.5.1 Bloco cerâmico versus bloco de concreto

Uma porcentagem de 71,1% do modelo de dados é representada pela distribuição da variabilidade. Os 28,9% restantes dos dados não são incertos e conseqüentemente foram considerados dados fixos, desde que calculados diretos. Todavia, a distribuição foi aplicada para a maioria dos dados primários (71,1%)

A simulação desempenha a subtração de dois sistemas comparados onde o resultado indica a probabilidade de que uma opção gere mais danos do que a outra.

Como resultado da análise, a probabilidade da construção e manutenção de 1m² de parede usando bloco cerâmico gerar mais danos que a construção e manutenção de 1m² de bloco de concreto é:

- 0 % para o indicador de impacto na Mudança Climática;
- 0 % para o indicador de dano Esgotamento de Recursos;
- 10,9 % para o indicador de dano à Saúde Humana;
- 0% para o indicador de dano Qualidade do Ecossistema;
- 5,4 % para o indicador de inventário Retirada de Água.

Considerando que esta análise estatística não leva em conta incertezas relacionadas ao modelo de avaliação do impacto, que anteriormente mostrava que de forma alguma os resultados comparativos sobre os indicadores de Saúde Humana e de Qualidade do Ecossistema poderiam ser considerados significativos, a análise de incertezas do inventário de dados confirma a robustez dos resultados apresentados para os outros três indicadores.

Todos os resultados desta análise de incertezas são mostrados no Apêndice F.

3.5.2 Paredes de blocos cerâmicos versus paredes com concreto armado in loco

Para esta comparação, 71,1% do modelo de dados são também representados pela distribuição da variabilidade. Os 28,9% restantes dos dados não é incerto e conseqüentemente foram considerados dados fixos, desde que calculados diretos. Todavia, a distribuição foi aplicada para a maioria dos dados primários (71,1%). A simulação desempenha a subtração de dois sistemas comparados onde o resultado indica a probabilidade de que uma opção gere mais danos do que a outra.

Como resultado da análise, a probabilidade da construção e manutenção de 1m² da parede usando bloco cerâmico gerar mais danos que a construção e manutenção de 1m² da parede usando concreto moldado são:

- 0 % para o indicador de impacto na Mudança Climática;
- 0 % para o indicador de dano Esgotamento de Recursos;
- 0,2 % para o indicador de dano à Saúde Humana;
- 0,4% para o indicador de dano Qualidade do Ecossistema;
- 50,7 % para o indicador de inventário Retirada de Água.

A incerteza da análise de dados do inventário confirma a robustez dos resultados apresentados para todos indicadores, com exceção da Retirada de Água onde a probabilidade da ocorrência de uma inversão $A \geq B$ (Água Removida _{concreto armado parede de concreto} \geq Água Removida _{parede de bloco cerâmico}) é de 50,7%.

Essa incerteza de análises indica que não é possível diferenciar entre esses dois cenários pelo qual requer a menor quantidade de água a ser removida por todo seu ciclo de vida.

Quanto à Retirada de Água, a avaliação Monte-Carlo presente nesta seção indica uma enorme incerteza associada com o resultado para a quantidade da Retirada de Água e, assim, sem possibilidade de conclusões com base nestes indicadores.

Todos os resultados dessas análises de incertezas são mostrados no Apêndice H.

4 Discussão

Esta seção fornece uma interpretação dos resultados compilados neste estudo. Observações feitas levam a conclusões gerais. A ACV conduzida identifica alguns parâmetros-chave a considerar quando da decisão entre o uso de blocos cerâmicos pelos de concreto ou entre os blocos cerâmicos pelos de concreto armado de cimento difundido para fachadas. Resultados de qualquer ACV são em função de muitos fatores, inclusive os modelos de hipótese, dados empregados e escolhas dos limites do estudo e unidade funcional. O contexto deste estudo deve ser considerado ao interpretar e aplicar a informação apresentada neste relatório.

4.1 Conclusões

O propósito deste estudo foi comparar as implicações ambientais na escolha do bloco cerâmico pelo bloco de concreto e pelo concreto de cimento fundido para uma superfície de 1 m²

4.1.1 Bloco cerâmico versus bloco de concreto

Enquanto os dois tipos de processos de blocos são rigorosamente parecidos, ambos usando recursos naturais com variação de graus de transformação para colocação de um material de construção sólido e durável, os processos de transformação são diferentes.

A produção de bloco em concreto requer calcário e argila para ser calcinada em cimento a uma alta temperatura de 1.450°C (SNIC, 2011), produzindo um material intermediário que será colocado no produto final usando apenas água e areia, e dessecamento à temperatura ambiente. Além disso, uma temperatura mais alta do processo de clinquerização requer uma combustão mais intensa, usando na sua maioria combustível fóssil como produção de bloco cerâmico com temperatura do forno mais baixa, perto do 950°C (Bauman, 2004) enquanto todo o bloco é cozido por um longo período. Desde que o cimento constitui 20% do bloco de concreto (ANICER, 2012), a energia exigida por m² da parede é muito maior para paredes feitas de concreto. Como resultado do combustível fóssil para a produção de energia, o processo de produção do concreto tem um impacto enorme na Mudança Climática e no Esgotamento de Recursos. Inversamente, o processo de fabricação de cerâmica usa resíduos de lascas de madeira como fonte de energia no lugar de combustível fóssil, reduzindo significativamente o impacto na Mudança Climática e no esgotamento de recursos durante a produção, enquanto aumenta o impacto na Saúde Humana pelas partículas emitidas durante a combustão. Entretanto, em geral, o bloco cerâmico apresenta um impacto menor do que o de concreto em todas as categorias.

Os blocos de concreto pareceram apresentar um impacto grande na Qualidade do Ecossistema e Saúde Humana, porém, a diferença não é significativa quando comparado com o cenário do bloco cerâmico.

4.1.2 Bloco cerâmico versus bloco de concreto armado moldado in loco

A diferença de impacto entre o bloco cerâmico e o de concreto armado moldado in loco é também decorrente do uso de recursos naturais com variação de graus de transformação para serem colocados em material de construção sólido e durável. Todavia, o grau de diferença é na maioria motivada pelo impacto na produção de haste de aço para o concreto moldado na Saúde Humana e Qualidade do Ecossistema, por conta das emissões de partículas durante o processo de matéria-prima requerida para fazer o aço. A produção de aço exige grande quantidade de energia para a sua produção, e desde que a quantidade usada seja 24 vezes maior do que o bloco cerâmico, seu impacto na Mudança Climática é também muito maior.

De forma geral, uma parede de blocos cerâmicos causa menor impacto que uma parede de concreto armado moldado in loco para todas as categorias. Entretanto, para a Saúde Humana e Qualidade do Ecossistema, a diferença não é significativa.

4.1.3 Análise de incerteza e análise de sensibilidade

Uma avaliação da qualidade dos dados identifica se os dados são em geral de alta qualidade ou de qualidade aceitável, pelo qual não é difícil diferenciar entre o bloco cerâmico ou o de concreto armado moldado in loco.

Avaliando a influência de diferentes parâmetros pelos quais houve mais incertezas ou cenários alternativos indica que:

- Alguma variação na vida útil dos blocos e argamassa (menor que dez anos, com respeito ao cenário base de 40 anos) não afeta a classificação.
- O uso alternativo de matéria-prima, como argilite e areia artificial, não tem impacto significativo nos resultados gerais.
- O uso de areia artificial na produção de concreto não causa um impacto significativo.
- Um aumento significativo na distância de distribuição para o bloco de concreto e concreto armado de cimento fundido pode levar a um maior impacto significativo para Saúde Humana.
- Empacotamento de blocos cerâmicos, ou a falta disso, tem um impacto insignificante.
- Os cenários considerando as diferentes emissões de cimento, perda do índice do bloco e argamassa, argamassa adicional, diferentes tipos de formas de estrutura de apoio ou quantidades diferentes ou origem das lascas de madeira para a queima não reverte as conclusões.
- A interpretação usando o método AICV diferente ou método de alocação diferente de reutilização de resíduos não afeta significativamente as conclusões.

Estas análises de sensibilidade, assim como a avaliação de incerteza, realizadas usando as rotinas Monte-Carlo mostra que as conclusões da ACV são excluídas pela categoria de Retirada de Água.

4.1.4 Recomendações

As informações obtidas através desta ACV podem levar a adoção de várias ações para reduzir o impacto ambiental do ciclo de vida associado com a produção de blocos cerâmicos, com foco nas seguintes ideias.

- Como a emissão de partículas durante a queima da madeira é o principal colaborador para o impacto na Saúde Humana, o foco em filtro de partículas pode ser benéfico.
- Devido à importância das etapas de transporte em todas as categorias de impacto, podem ser investigadas medidas alternativas, como transporte de navio ou trem, o uso de

biocombustíveis, etc. A relevância ambiental destas alternativas deve ser sempre validada com uma abordagem específica ao contexto do ciclo de vida.

4.1.5 Aplicações e limitações do estudo

O corpo de estudo foi conduzido para a ANICER e a informação fornecida aqui pode ser usada nos seguintes exercícios:

- Comparação dos perfis ambientais dos ciclos de vida dos blocos cerâmicos e de concreto moldado produzidos no Brasil;
- Identificação de parâmetros-chave e significativos do sistema, inclusive estágios do ciclo de vida e categorias de material;
- Compreensão da influência das hipóteses e variáveis selecionadas no modelo, ou seja, vida útil, mistura de combustíveis, índice de perda, distâncias de transporte e uso de argilito na extração da argila, uso de areia artificial, uso do empacotamento de bloco cerâmico, tipos de formas de estrutura de apoio, quantidade e origem da madeira usada e uso do ReCiPe (H) como método AICV;
- Como explicado anteriormente, o bloco cerâmico apresenta um melhor isolamento do que o de concreto. Consequentemente, a parede de bloco cerâmico modelado é um cenário conservador que não considera esta vantagem sobre uma parede de concreto equivalente.
- Comunicação pública dos resultados deste estudo de acordo com a discricção da ANICER.

É importante entender como este estudo foi conduzido para que os resultados e conclusões sejam aplicados apropriadamente. As limitações a seguir devem ser consideradas com o contexto descrito nas seções anteriores deste relatório quando da interpretação das informações apresentadas neste trabalho:

- Presume-se vários parâmetros constantes na geografia brasileira avaliada, o que pode não ser totalmente preciso. Isto se aplica também aos processos de manufatura, distâncias de transporte, misturas de combustíveis para queima e clinquerização, e a estrutura do prédio requerida para suportar o peso das paredes.
- Os processos usados na manufatura do cimento e concreto tiveram modelos baseados em dados ecoinvent. Somente foram adaptadas as distâncias de transporte, a rede elétrica e a mistura de combustíveis para o contexto brasileiro. Entretanto, não foram adaptadas as emissões da queima de combustível. Os módulos ecoinvent usados para descrever as produções de cimento e concreto são uma tecnologia típica que não tem evoluído nas

últimas décadas, e ainda mais que provável é a tecnologia típica usada para produzir o cimento e concreto que avaliou este estudo.

- A metodologia de alocação apresentada aqui é uma das várias formas em que o estudo poderia ser conduzido, por exemplo, com a abordagem consequente adotada.
- Este estudo não dá apoio ou fornece comparações definitivas do desempenho ambiental de produtos específicos ou materiais ou desenho de construções, práticas ou decisões relacionadas, além da questão dos blocos cerâmicos comuns versus blocos de concreto versus blocos moldados de concreto produzidos no Brasil.
- Alguns dados ICV descrevem operações europeias, implicando que o estudo aqui pode não ser 100% representativo das práticas brasileiras (e, assim, impactos). Entretanto, uma base de dados de qualidade equivalente, transparente e robusta ainda não está disponível para o Brasil e para outros lugares (além da Europa) onde a indústria da construção civil pode buscar seus materiais.
- Diferentemente da avaliação de risco ambiental conduzida em contexto regulatório, que utiliza uma abordagem conservadora, a ACV busca fornecer as melhores estimativas possíveis (Udo de Haes et al., 2002). Em outras palavras, a AICV tenta representar o caso mais provável em que os modelos (de transporte e destino dos contaminantes no ambiente e os efeitos tóxicos nos receptores biológicos) não tentam maximizar a exposição e o dano ambiental, que é a abordagem pelo pior cenário.
- As metodologias AICV como IMPACT 2002+ não podem caracterizar, e de fato não caracterizam, uma gama ampla de emissões liberadas no solo, ar e água pelos processos. Entretanto, ela caracteriza poluentes bem conhecidos e, assim, fornece a melhor estimativa para se avaliar o impacto ambiental.
- A transformação do uso da terra para lascas de madeira é definida como transformação de florestas extensivas em florestas intensivas e aterros rodoviários. No entanto, o método de caracterização usado neste estudo somente considera a ocupação da terra e não a transformação da terra. Por esta razão, as conclusões obtidas do indicador de Uso da Terra também devem considerar os resultados obtidos com ReCiPe (H) relacionados à transformação da terra.
- No caso da areia, argila e calcário, as reservas desses minerais são abundantes o suficiente para que a extração de energia excedente seja praticamente zero. Por essa razão, a extração desses minerais não apresenta impacto no indicador de extração mineral. Como explicado anteriormente, apenas a extração do metal e do fósforo é considerada em termos de recurso.

Por conseguinte, o impacto nos recursos devido à extração de areia, argila e calcário não é captado pelo método AICV.

5 Referências

- Bauman H, Tillman A. 2004. *The Hitchhiker's Guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application*, Lund Sweden: Student literature.
- Board on Energy and Environmental Processes (BEEP). 2010. *Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium- and Heavy-Duty Vehicles*. National Academic Press
- Cement Association Canada (CEC). 2011. *Canadian Cement Manufacturing Industry 1990 to 2009*. http://www2.cieedac.sfu.ca/media/publications/Cement%20report%202010%20_2009%20data_%20Final.pdf
- Center for Clean Air Policy (CCAP). 2009. *Sector-based Approach Case Study: Brazil*. <http://www.ccap.org/docs/resources/697/Brazil%20Cement%20Sector%20Case%20Study.pdf>
- Hellweg S, Demou E, Bruzzi R, Meijer A, Rosenbaum R, Huijbregts M, et al. 2009. Integrating human indoor air pollutant exposure within life cycle impact assessment. *Environmental Science and Technology*, 43(6): 1670-1679.
- Humbert S, De Schryver A, Margni M, Jolliet O (2012). *IMPACT 2002+ User Guide: Draft for version Q2.2 (version adapted by Quantis)*. Quantis, Lausanne, Switzerland. Available at: quantis-intl.com or sebastien.humbert@quantis-intl.com.
- Humbert S., Rossi, Margni M, Jolliet O et Loerincik Y. (2009). Life cycle assessment of two baby food packaging alternatives: glass jars vs. plastic pots. *International Journal of Life Cycle Assessment* 14(2) p.95-106.
- Goedkoop MJ, Heijung R, Huijbregts M, De Schryver A, Struijs J and Van Zelm R 2009. *ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprise harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level, First edition Report I: Characterisation*; 6 January 2009, 126p. [online]. <http://www.lcia-recipe.net>.
- IEA. 2007. *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions*. International Energy Agency. <http://www.iea.org/Textbase/npsum/tracking2007SUM.pdf>
- IPCC. 2007. *Intergovernmental Panel on Climate Change's Fourth Assessment Report*. <http://www.ipcc.ch/>.
- ISO 14040. 2006. *Environmental management – life cycle assessment – principles and framework*. International Standard Organization, Geneva, Switzerland.
- ISO 14044. 2006. *Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines*. International Standard Organization, Geneva, Switzerland.
- Jolliet O, Margni M, Charles R., Humbert S, Payet J, Rebitzer G, Rosenbaum R. 2003. *Impact 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology*. *International Journal of Life Cycle Assessment* 8(6): 324-330. Available at: www.impactmodelling.org.
- Kellenberger D., Althaus H.-J., Jungbluth N., Künniger T., Lehmann M. and Thalmann P. (2007) *Life Cycle Inventories of Building Products*. Final report ecoinvent Data v2.0 No. 7. EMPA Dübendorf, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, Online-Version under: www.ecoinvent.org.
- National Institute for Standards and Technology (NIST). 2007. *BEES 4.0*. <http://www.bfrl.nist.gov/oe/software/bees/>
- Obelisk International. 2011, January 20. *Great Prospect for Investment in Construction Materials in Brazil*. <http://www.obeliskinternational.com/news60.php>
- Portland Cement Association (PCA). 2008. *Sustainable Manufacturing Fact Sheet: Tire-Derived Fuel*. <http://www.epa.gov/osw/conservation/materials/tires/pubs/brochure5-08.pdf>

Quantis. 2008. Comparative Life Cycle Assessment of Ceramic versus Concrete Roof Tiles. Final Report. 9 August 2011.

Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC). 2011. Etapas de Produção. Consulted 12/07/2011. <http://www.snic.org.br/>

Swiss Center for Life Cycle Inventories (SCLCI). 2010. ecoinvent database v2.2. <http://www.ecoinvent.org/home/>.

Udo de Haes HA, Finnveden G, Goedkoop M. 2002. Life-Cycle Impact Assessment: Striving towards Best Practice. Society of Environmental Toxicology & Chemistry: 272.

World Building Design Guide (WBDG). 2009. Building Envelope Design Guide.

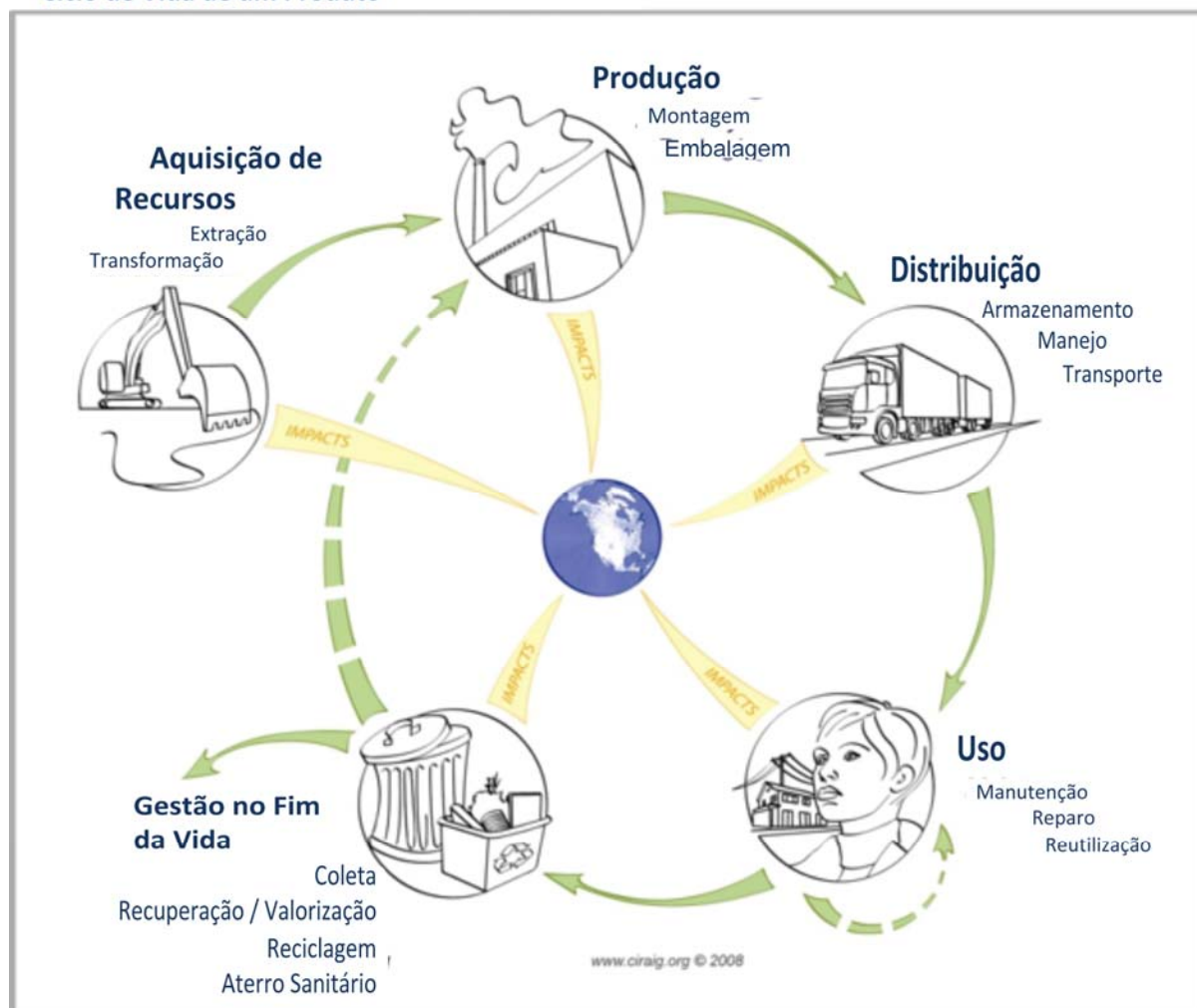
www.wbdg.org/design/env_wall_masonry.php and
www.wbdg.org/design/env_wall_castinplace_concrete.php.

6 Apêndices

6.1 Apêndice A – Descrição da metodologia ACV

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um dos mais completos métodos científicos de alto desempenho que avalia os impactos ambientais potenciais de um produto, um serviço, um processo, ou negócio durante seu ciclo de vida (extração e tratamento das matérias-primas, manufatura, transporte e distribuição, uso e fim de vida). Esta abordagem é apoiada pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP) e se baseia em uma metodologia regulada pela Organização Internacional de Normalização (ISO), mais particularmente as normatizações ISO 14040 (2006) (princípios e estrutura) e ISO 14044 (2006) (requisitos e diretrizes).

Ciclo de Vida de um Produto



Estágios do ciclo de vida de um produto

A ACV ajuda a identificar as oportunidades para melhorar o desempenho ambiental de produtos, serviços, processos ou negócios, nos vários estágios do ciclo de vida, para informar políticos,

organizações governamentais e não governamentais (por exemplo, para planejamento estratégico, para determinar prioridades ou otimizar o design de um produto), para possibilitar a escolha de indicadores relevantes de desempenho ambiental, a incorporação de técnicas de medições e marketing (por exemplo, para o desenvolvimento de design ecológico, ou para estabelecer uma declaração ambiental). Assim, a metodologia ACV é adequada para avaliar produtos e serviços de maneira holística. Ela busca identificar prioridades para ação e para evitar impactos deslocados quando são introduzidos novos produtos ou novas tecnologias.

A ACV consiste em quatro fases diferentes:

- 1) Definição de escopo e objetivo;
- 2) Análise de inventário;
- 3) Avaliação do impacto;
- 4) Interpretação.

A próxima seção mostra os principais aspectos metodológicos das fases da ACV.

Definição de escopo e objetivos

A primeira fase apresenta os objetivos e o escopo do estudo explicando como o ele será conduzido para atingir sua finalidade. O sistema de produto, definido pela ISO como o sistema geral incluindo processos elementares relacionados aos fluxos de materiais e energia que cumpram uma ou múltiplas funções, é descrito em detalhes.

Neste sentido, o objetivo de uma ACV é caracterizado por suas funções e não só em termos de seus produtos. Isto permite comparar produtos que não tenham o mesmo desempenho funcional por unidade do produto (por exemplo, um copo descartável de poliestireno e uma xícara de cerâmica que é usada diversas vezes), como quantificar o desempenho funcional, usando a unidade funcional, fornece uma referência de quais entradas e saídas relacionadas ao sistema de produtos comparados são matematicamente normatizadas (exemplo: beber duas xícaras de café por dia durante um ano). A especificação da unidade funcional é o ponto inicial para definir limites do sistema do produto, uma vez que ela indica todos os processos elementares que devem ser incluídos para o cumprimento desta função. A natureza dos dados usados e hipóteses são descritos nesta primeira fase.

Análise de inventário

A segunda fase corresponde à quantificação dos fluxos elementares envolvidos em todo o ciclo de vida dos produtos, serviços, processos ou negócios avaliados pelo estudo, incluindo entradas de água, energia e matérias-primas e emissões para o ar, terra e água.

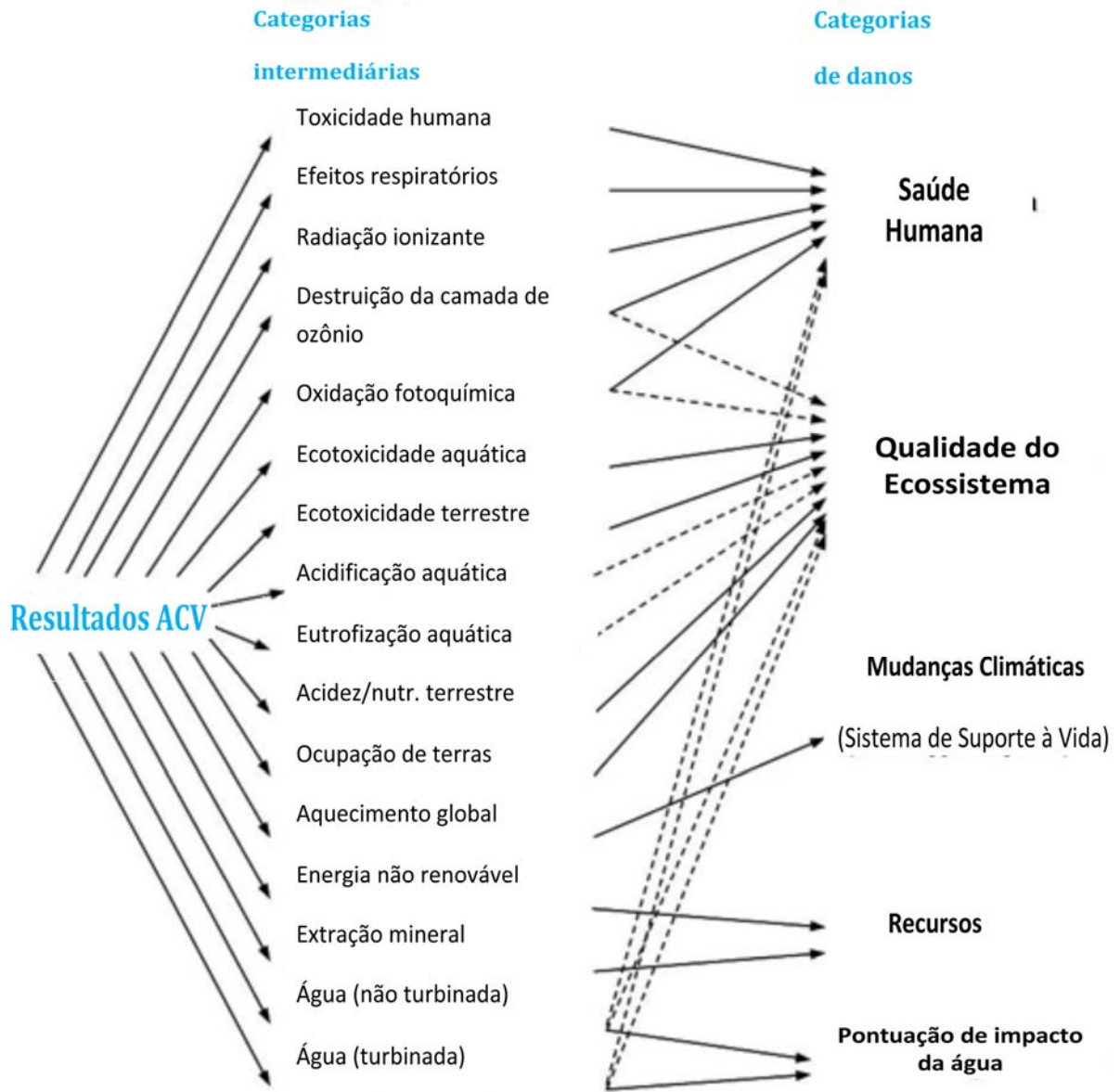
Para tanto, devem ser coletados os dados primários (específicos para o estudo do caso) e os dados secundários (de literatura e bancos de dados reconhecidos). Os dados são relatados para a unidade funcional e depois compilados em um programa especializado.

Avaliação do impacto

A terceira fase consiste na Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV). Ela busca traduzir e ligar cada fluxo elementar quantificado no inventário do ciclo de vida com as categorias de impacto correspondentes no ambiente e saúde humana de acordo com modelos de destinação, exposição e toxicidade dos poluentes ou suficiência dos recursos. Assim, para cada substância do inventário é associado um fator de caracterização específico que permite calcular o impacto. A soma de todos os impactos de substâncias diferentes determina o impacto total do sistema para uma determinada categoria de ponto médio. Em uma segunda etapa, estas categorias de impacto são agrupadas em um conjunto de menor número de indicadores de dano ambiental, o qual facilita a comunicação de resultados e a tomada de decisão.

Neste estudo, é usado o método AICV europeu, revisado e internacionalmente reconhecido método de Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV), IMPACT 2002+ (Jolliet et al. 2003, atualizado em Humbert et al. 2012). Ele propõe uma abordagem orientada tanto pelo ponto médio de impacto quanto pelas categorias de danos.

A Figura A-2 mostra a estrutura geral do IMPACT 2002+, relacionando os resultados do inventário de dados do ciclo de vida por 16 indicadores variados de ponto médio de impacto para cinco categorias de danos. Uma seta contínua indica um relevante caminho de impacto que é sabidamente e quantitativamente modelado pela ciência natural. Caminhos de impacto entre o ponto médio e as categorias de danos que são presumidos existentes, mas que não são modelados quantitativamente devido à falta de conhecimento, são representados por setas pontilhadas.



Esquema geral do IMPACT 2002+ (Joliet et al. 2003, como atualizado em Humbert ET al. 2012).

A seguir, uma breve descrição das principais características de avaliação para as categorias de ponto médio.

1. **Toxicidade humana** mede o impacto na vida humana relacionado a efeitos tóxicos carcinogênicos e não carcinogênicos causados por poluentes emitidos no meio ambiente e que, ao final, chegam ao ser humano através da inalação do ar e ingestão de água e alimento. Carcinogênicos e não carcinogênicos podem, em alguns casos, ser representados como dois indicadores distintos.

2. **Inorgânicos respiratórios** (também chamados de smog de verão) são ares poluentes, como partículas primárias e secundárias ($PM_{2.5}$) que afetam os pulmões. Esses poluentes são massivamente liberados pelas grandes indústrias, pelos processos de combustão e tráfego rodoviário. A agricultura também é uma fonte de amônia (NH_3) que pode levar à produção dessas partículas.
3. **Radiação ionizante** mede o impacto na vida humana causado pelas substâncias que emitem radiação ionizante. Estas substâncias são principalmente emitidas pelo setor de energia nuclear.
4. **Esgotamento da camada de ozônio** mede o potencial em reduzir a camada estratosférica de ozônio, aumentando, assim, a quantidade de radiação UV que atinge a Terra. Ela pode gerar impacto na vida humana, como câncer de pele, catarata e danos à vida terrestre e aos ecossistemas aquáticos. Os poluentes que destroem a camada de ozônio, como o CFC emitido por alguns processos industriais específicos que precisam, por exemplo, de fortes sistemas de refrigeração.
5. **Oxidação fotoquímica** mede os efeitos na saúde humana (e, em última análise, no crescimento de plantações) associados à formação de ozônio troposférico (também chamado de formação do smog de verão). Os poluentes responsáveis pelo ozônio troposférico, como os NO_x e os Carbonos Orgânicos Voláteis (COV) são principalmente emitidos pelos veículos e pelas atividades industriais.
6. **Ecotoxicidade aquática** mede os efeitos nos ecossistemas de água doce em termos de perda da biodiversidade causada pelas emissões tóxicas no meio ambiente.
7. **Ecotoxicidade terrestre** mede os efeitos nos ecossistemas terrestres em termos de perda da biodiversidade causada pelas emissões tóxicas no meio ambiente.
8. **Acidificação da água** literalmente refere-se aos processos que aumentam a acidez em sistemas aquáticos e que podem levar a um declínio na população de peixes e no desaparecimento de espécies. As substâncias com nitrogênio no ar (NO_x e NH_3) e óxidos de enxofre (SO_x) são os principais liberados pela queima de óleos pesados e carvão para a produção de energia e pelos veículos.
9. **Eutrofização da água** mede o potencial de aumento de nutrientes no ambiente aquático, o que gera aumento da biomassa levando ao desequilíbrio da população do ecossistema: diminuição do oxigênio leva a mais mortandade de peixes e ao desaparecimento da fauna do

leito. Estes nutrientes são associados principalmente com compostos de fósforo e nitrogênio em detergentes e fertilizantes.

10. **Acidificação e nutrição terrestre** medem a potencial alteração nos níveis de nutrientes e acidez do solo que podem levar a uma mudança das condições naturais para o crescimento e competição das plantas. Uma redução de espécies é observada com um excesso de nutrientes e uma diminuição na saúde da floresta pela acidificação do solo (efeito na biodiversidade). Substâncias acidificantes e nitrificantes como o NO_x, SO_x e NH₃ são massivamente liberados pelas indústrias pesadas e pelos veículos.
11. **Ocupação da terra** mede a redução da biodiversidade causada pelo uso da terra. A agricultura (lavouras) é o maior colaborador desta categoria.
12. **Aquecimento global** cobre uma variedade de impactos potenciais resultantes de mudanças no clima global. É a medida do efeito da retenção do calor por um gás de efeito estufa (GEE) liberado na atmosfera. O CO₂ liberado pela queima de combustível fóssil é o principal GEE.
13. **Energia primária não renovável** mede a quantidade de energia extraída da terra contida em meio de energia fóssil (carvão, petróleo e gás natural) ou minério de urânio. Estes recursos estão sujeitos ao esgotamento. Eletricidade, produção e consumo de combustíveis e produção de calor são os principais consumidores de combustíveis fósseis e minério de urânio.
14. **Extração mineral** mede a energia extra associada ao esforço adicional exigido para se extrair minerais de minas com menor concentração de minério.
15. **Água turbinada** é um indicador de inventário e não de impacto. Ela mede o volume de água (m³) usada na produção de eletricidade. Os impactos na biodiversidade associados às turbinas hidroelétricas dependem da localização e do tipo de represa (com reservatório ou não).
16. **Retirada de água** é um indicador de inventário e não de impacto. É a soma de todos os volumes de água utilizados durante o processo, com exceção da água usada nas turbinas (para produção de energia elétrica). Esse indicador não considera mudanças na qualidade da água.

Esse dezesseis indicadores de média estão agrupados nos cinco indicadores (de danos) finais seguintes:

1. **Mudança climática (Kg CO₂eq)**

O indicador é representado com base no Potencial de Aquecimento Global de 100 anos do Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas de várias substâncias (PIMC 2007). Substâncias que sabidamente contribuem para o aquecimento global são ajustadas com base em um Potencial de Aquecimento Global expresso em quilogramas equivalentes de dióxido de carbono. Como a absorção e emissão de CO₂ de fontes biológicas pode levar a uma interpretação errônea dos resultados, não é incomum desconsiderar este CO₂ biogênico na avaliação dos Potenciais de Aquecimento Global. Neste ponto, a recomendação do Padrão Disponível Publicamente (PAS) 2050 é para que não se considere a pegada de carbono, seja absorção ou emissão de CO₂ de sistemas biológicos. O CO₂ de uma origem não especificada está associado ao fóssil CO₂.

Para contabilizar o efeito de sua degradação pelo CO₂, o PAG do metano de origem fóssil é colocado em 27,75 kg CO₂eq/kgCH₄, e o do metano de origem biogênica e não especificada é colocado em 25 kg CO₂eq/kgCH₄. Embora o dióxido de carbono (CO) não seja um gás com efeito de estufa, o fator de caracterização de 1,9 kg CO₂eq/kgCO é considerado para sua degradação parcial em CO₂.

2. **Saúde humana(DALY)**

Seu impacto pode ser causado pela liberação de substâncias que têm efeito em humanos através de toxicidade aguda, toxicidade baseada em câncer, efeitos respiratórios, aumentos da radiação UV e outras causas. Foi realizada uma avaliação do impacto geral de um sistema na saúde humana seguindo-se o ponto de saturação do método IMPACT 2002+ (Jolliet et al. 2003), na qual são avaliadas as substâncias com base na capacidade de causar vários danos à saúde humana (incluindo mortalidade). Essa categoria é apresentada pela Deficiência Proporcional ao Número de Danos (DPND) e a unidade usada é a Organização Mundial da Saúde (OMS).

3. **Qualidade do ecossistema(PDF*m2*yr)**

Pode ser diminuída pela liberação de substâncias que causam acidificação, eutrofização e toxicidade para a vida selvagem, ocupação da terra e uma variedade de outros tipos de impacto. O efeito de turbidez da água para a produção de hidroelétrica para espécies aquáticas também é levado em consideração. Uma avaliação do impacto geral de um sistema na qualidade do ecossistema foi feita seguindo-se o ponto de saturação da Qualidade do Ecossistema do método IMPACT 2002+ (Jolliet et al. 2003), no qual as substâncias são avaliadas com base na capacidade de causar um dos vários danos às espécies de vida selvagem. Essa categoria é medida em potencial fração de desaparecimento da espécie em certa superfície e ao longo do tempo ($\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$).

4. **Esgotamento de recursos (MJ primário)**

Ocorre quando são usados recursos não renováveis ou recursos renováveis além de sua capacidade de renovação. Vários materiais podem ter mais importância baseando-se em sua abundância ou dificuldade de serem obtidos. Uma avaliação do impacto geral de um sistema no esgotamento dos recursos foi feita seguindo-se o ponto de saturação dos Recursos no método IMPACT 2002+ (Jolliet et al. 2003), que combina uso de energia primária não renovável com extração mineral. O uso de energia primária não renovável contabiliza o consumo de recursos fósseis e nucleares, com exclusão de fontes de energia renováveis em todos os estágios do ciclo de vida e em todos os processos antecessores. A extração mineral é uma estimativa do aumento da energia que será exigida para obter quantidades adicionais de substâncias da terra devido à retirada dos recursos inventariados para cada sistema (baseado no método Eco-indicador 99). O uso de energia primária não renovável contabiliza o consumo de recursos fósseis e nucleares, com exclusão de fontes renováveis de energia em todos os estágios do ciclo de vida e em todos os processos antecessores (entretanto, é considerada energia não renovável necessária à produção de energia renovável). A medida é expressa em megajoules (MJ).

5. **Retirada de água(m^3)**

Inclui o uso da água (em m^3 de água necessária, seja evaporada, consumida ou liberada novamente) sem água turbinada (por exemplo, água fluindo pelas represas de hidroelétricas). Ela considera água potável, de irrigação e água para processos industrializados e dentro deles (inclusive água para resfriamento). São consideradas as águas doce e salgada.

Interpretação

A interpretação, quarto passo do processo ACV, tem como objetivo a análise dos resultados para tirar conclusões, entender as limitações e fazer recomendações baseadas nos resultados das etapas anteriores. A interpretação deve respeitar os requerimentos definidos no objetivo e escopo e deve levar em conta as limitações relativas às hipóteses feitas, assim como as incertezas dos dados usados no modelo de AICV selecionado.

6.2 Apêndice B – Entradas de materiais e energia

Dados de Entrada de Material e Energia para Blocos Cerâmicos

ESTÁGIO DO CICLO DE VIDA	Dados	Quantidade	Unidade	Detalhes	Fontes
Matérias-primas	Diesel	200	L/dia	Escavadeiras, carregadeiras, tratores de esteira	ANICER
	Argila	33,33	m ³ /dia	2000 m ³ a cada 60 dias	ANICER
	Água	0,16	L/kg/ de argila		
Transporte	Produção	8800	Equivalente-bloco/dia		ANICER
	Carga	14000	kg/carga	9,545 kg/bloco	ANICER
	Distância	54	km/ida (retorno vazio)		ANICER
Preparo da massa	Diesel	200	L/semana	Carregadeiras	ANICER
	Massa	100000	kg/dia	Equivalente a 8800 blocos @ 11,4 kg/bloco	ANICER
Modelação	Produção	600000	bloco/mês		ANICER
	Perda	0	%		ANICER
	Gás natural	500	m ³ /mês		ANICER
	Lubrificante	800	L/mês		ANICER
Secagem	Produção	22200	Bloco/dia	Redução da unidade de 25% para 3%	ANICER
	Perdas	0,5	%	Reincorporado no processo	ANICER
Queima	Produção	11000	Bloco/lote	Um lote a cada 27 horas	ANICER
	Fornos	12	peças	25 m ³ /forno/semana	ANICER

	Perdas	1,5	%	95% para quadras de tênis, 5% para o processo	ANICER
	Serragem	62,5	m ³ /lote	Serragem vem de resíduo industrial (por exemplo, fabricantes de móveis)	ANICER
	Serragem	3000	m ³ /mês		ANICER
Distribuição	Produção	1200000	bloco/mês		ANICER
	Fábrica - Loja	50	km (ida)	Média. Max 250 km. Retorno vazio	ANICER
	Carga de caminhão	2000	bloco/caminhão	Carga máxima	ANICER
	Perdas	1	%	Para o aterro	ANICER
	Loja - Consumidor	25	km		ANICER
Utilização	Argamassa (para assentamento)	..	kg/m ² de parede		ANICER
	Argamassa (para cobertura)	62,5	kg/m ² de parede		ANICER
	Hastes de aço	0,4	Kg/m ² de parede		ANICER
	Água (cobertura)	5,75	l/m ² de parede	230 litros de água por m ³ de mistura para cobertura	ANICER
Fim da vida útil	Distância	50	km	Distância até o aterro	Hipótese

Dados de Entrada de Materiais e Energia para Blocos de Concreto

ESTÁGIO DO CICLO DE VIDA	Dados	Quantidade	Unidade	Detalhes	Fontes
Matérias-primas	Areia	8,4	kg areia /bloco	80% peso seco	ANICER
	Cimento Portland	1,323	kg cimento/bloco	20% peso seco	ecoinvent
	Calcário	1,77	kg calcário/bloco	84% do peso final do clínquer	ecoinvent
	Marga calcária	0,98	kg marga/bloco	47% do peso final do clínquer	ecoinvent
	Argila	0,70	kg argila/bloco	33% do peso final do clínquer	ecoinvent
Transporte	Areia	150	km		ANICER
	Argila	-	km	Agregado nos dados do cimento	Hipótese
	<i>Calcário</i>	-	km	Agregado nos dados do cimento	Hipótese
Clinquerização	Eletricidade	0,11	kWh/bloco		ecoinvent
	Diesel	0,0254	MJ/bloco		ecoinvent
	Hulha	0,067	kg/bloco		ecoinvent
	Gás natural	0,0129	MJ/bloco		ecoinvent
	Óleo pesado	0,0484	kg/bloco		ecoinvent
	Óleo leve	0,709E-03	kg/bloco		ecoinvent
	Coque de petróleo	0,0074	kg/bloco		ecoinvent
Produção de cimento	Eletricidade	0,061	kWh/bloco		ecoinvent
Transporte	Para a produção de concreto	300	km		ANICER
Produção de blocos de	Diesel	0,2268	MJ/bloco		ecoinvent

concreto	Eletricidade	0,021	kWh/bloco	Atrito por vibração	ecoinvent
	Perdas	5	%	Para fábricas não automatizadas, a maioria	ANICER
Distribuição	Para lojas	50	km		ANICER
	Para o consumidor	25	km	Supõe-se que seja a mesma da cerâmica	ANICER
Utilização	Argamassa (para assentamento)	15	kg/m ² de parede		ANICER
	Argamassa (para cobertura)	62,5	kg/m ² de parede		ANICER
	Hastes de aço	0,4	kg/m ² de parede		ANICER
	Água (cobertura)	5,75	l/m ² de parede	230 litros de água por m ³ de mistura para cobertura	ANICER
Fim da vida útil	Distância	50	km	Distância até o aterro	Hipótese

Dados de Entrada de Materiais e Energia para Concreto armado moldado in loco

ESTÁGIO DO CICLO DE VIDA	Dados	Quantidade	Unidade	Detalhes	Fontes
Matérias-primas	Concreto seco	300	kg/m ² de parede	Densidade (seco): 2500 kg/m ³ densidade (molhado): 2380 kg/m ³ (ecoinvent)	ANICER
	Areia	725	kg areia/m ³ de concreto	29% peso seco	ANICER
	Cimento Portland	450	kg cimento/m ³ de concreto.	18% peso seco	ANICER
	Cascalho	1325	kg cascalho/m ³ de concreto	53% peso seco	ANICER
	Água	190	l/m ³ de concreto seco		ANICER

	Hastes de aço	9,48	kg/m ² de parede		ANICER
	De BOF (forno básico a oxigênio)	70	% de mistura de aço	Média mundial	literatura
	De EAF (forno elétrico a arco)	30	% de mistura de aço		literatura
	Forma de alumínio	0,063	Kg/m ² de parede	São usados 2 painéis de 60 kg para cobrir 1,89m ² de parede. A forma pode ser usada 1000 vezes durante sua vida útil	ANICER
	Aditivo	0,54	Kg/m ² de parede	De 0,895 l/100 kg de cimento	ANICER
Transporte	Areia	-	km	Agregado nos dados do concreto	ANICER
	<i>Cascalho</i>	-	km		Hipótese
	<i>Cimento Portland</i>	-	km		Hipótese
Clinquerização	Eletricidade	5,762	kWh/m ³ de concreto		ecoinvent
	Diesel	1,33	MJ/m ³ de con.		ecoinvent
	Hulha	3,51	kg/m ³ de con.		ecoinvent
	Gás natural	0,676	MJ/m ³ de con.		ecoinvent
	Óleo pesado	2,535	kg/m ³ de con.		ecoinvent
	Óleo leve	0,037	kg/m ³ de con.		ecoinvent
	Coque de petróleo	0,388	kg/m ³ de con.		ecoinvent
Produção de cimento	Eletricidade	13,82	kWh/m ³ de con.		ecoinvent
Transporte	Para produção de concreto	300	km		ANICER
Produção de concreto molhado	Diesel	22,7	MJ/m ³ de con.		ecoinvent
	Gás natural	1,16	MJ/m ³ de con.	Sistemas de aquecimento	ecoinvent
	Óleo pesado	3,09	MJ/m ³ de con.	Sistemas de aquecimento	ecoinvent
	Óleo leve	13.3	MJ/m ³ de con.	Sistemas de aquecimento	ecoinvent

	Eletricidade	4,36	kWh/m ³ de con.	Atrito por vibração	ecoinvent
	Perdas	1	%		ecoinvent
Produção de hastes de aço (rolamento quente)	Propano	5.30E-04	kg/kg de haste de aço	Para escarfigem	ecoinvent
	Oxigênio	7.15E-03	kg/kg de haste de aço		ecoinvent
	Gás natural	1,56	MJ/kg de haste de aço	Para aquecimento	ecoinvent
	Lubrificante	4.04E-03	kg/kg de haste de aço	Para rolamento	ecoinvent
Produção de formas de alumínio	Alumínio primário	0,063	Kg/m ² de parede		ecoinvent
	Manufatura de produtos de alumínio	0,063	Kg/m ² de parede		ecoinvent
Produção de aditivos	Formaldeído	0,31	Kg/kg de aditivo		ecoinvent
	Melamina	0,77	Kg/kg de aditivo		ecoinvent
Distribuição de concreto molhado	Para canteiro de obras	25	km	Em caminhão misturador de cimento	ANICER
	Para o consumidor	20000	kg/carga	Carga máxima	ANICER
Distribuição de hastes de aço	Para o consumidor	800	km	Distâncias médias do Brasil	ANICER
Distribuição de alumínio	Para o consumidor	1000	km	Distâncias médias do o Brasil	ANICER
Distribuição de aditivos	Para o consumidor	1000	km	Distâncias médias do o Brasil	ANICER
Uso	Torrencial	4	Minutos/m ² de parede	2 horas para 6m ³ de concreto úmido	ANICER

	Diesel	21,5	Kg/h	Baseado na hipótese de caminhão misturador de cimento de 300 HP Modelo NÃO RODOVIÁRIO ⁶	
	Água para limpeza	1,72	Litros de água/m ² de parede	50 litros de água para lavar um caminhão misturador de cimento com uma carga de 6 m ³ de cimento molhado	ANICER
Fim da vida	Distância	50	km	Distância para aterro	Hipótese

⁶ <http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm>

6.3 Apêndice C - Legenda da avaliação da qualidade dos dados

Qualificação	Confiabilidade		Representatividade		Comentário
Ótima qualidade	1	Dados específicos Validados ou calculados	1	Boa representatividade geológica e tecnológica	Padrão de satisfação de nível elevado
Qualidade aceitável	2	Dados validados ou calculados de outra fonte	2	Falta geográfica ou tecnológica de representatividade	Padrão de satisfação na média
Baixa qualidade	3	Qualificação estimada	3	Falta geográfica ou tecnológica de representatividade	Padrão mínimo de satisfação
Muito baixa	4	Estimativa aproximada	4	Substituto	Requer melhorias

6.4 Apêndice D - Resultados da AICV

Resultados da AICV de Ciclo de Vida da Parede de Bloco Cerâmico

Categoria de dano	Unidade	Total	Extração	Transporte desde a extração	Preparação da massa	Operação de forma	Secagem	Queima	Assentamento	Cobertura	Hastes de aço	Distribuição	Fim da vida
Mudança climática	kg CO2 eq	3.2E+01	1.0E+00	1.5E+00	2.3E+00	3.0E-01	2.1E-03	3.6E-01	4.1E+00	1.1E+01	1.2E+00	6.9E+00	2.9E+00
Saúde humana	DALY	3.1E-05	2.0E-06	1.6E-06	4.4E-06	2.2E-07	2.7E-09	5.8E-06	1.2E-06	4.1E-06	1.3E-06	7.1E-06	3.4E-06
Qualidade do ecossistema	PDF*m2*yr	7.0E+00	1.6E-01	5.0E-01	3.5E-01	7.5E-02	5.8E-04	6.4E-01	3.3E-01	1.3E+00	5.0E-01	2.2E+00	8.9E-01
Recursos	MJ primário	3.9E+02	1.6E+01	2.4E+01	3.5E+01	3.6E+00	5.7E-02	3.7E+00	2.6E+01	9.5E+01	1.5E+01	1.1E+02	6.1E+01
Retirada de água	m3	1.2E+00	4.4E-03	1.3E-02	3.8E-02	3.0E-03	5.9E-05	5.2E-03	8.3E-01	1.6E-01	1.8E-02	7.2E-02	5.1E-02

Resultados da AICV sobre o Ciclo de Vida da Parede de Blocos de Concreto

Categoria de dano	Unidades	Total	Bloco de concreto	Assentamento	Cobertura	Hastes de aço	Distribuição	Fim da vida
Mudança climática	kg CO2 eq	6.4E+01	0.0E+00	3.5E+01	4.1E+00	1.1E+01	1.2E+00	8.4E+00
Saúde humana	DALY	3.6E-05	1.0E+00	1.6E-05	1.2E-06	4.1E-06	1.3E-06	8.6E-06
Qualidade do ecossistema	PDF*m2*yr	1.1E+01	2.0E+00	4.5E+00	3.3E-01	1.3E+00	5.0E-01	2.7E+00
Recursos	MJ primário	6.8E+02	3.0E+00	3.3E+02	2.6E+01	9.5E+01	1.5E+01	1.4E+02
Retirada de água	m3	1.6E+00	4.0E+00	4.1E-01	8.3E-01	1.5E-01	1.8E-02	9.4E-02

Resultados da AICV do ciclo de vida da parede de concreto armado moldado in loco

Categoria de dano	Unidades	Total	Concreto	Água	Hastes de aço	Forma de alumínio	Aditivo	Distribuição	Construção da parede	Fim da vida
Mudança climática	kg CO2 eq	9.4E+01	0.0E+00	4.9E+01	5.0E-03	28.546721	1.0E+00	2.6E+00	2.7E+00	5.5E+00
Saúde humana	DALY	6.3E-05	0.0E+00	1.6E-05	3.6E-09	3.1E-05	7.9E-07	1.6E-06	2.9E-06	4.7E-06
Qualidade do ecossistema	PDF*m2*yr	2.0E+01	0.0E+00	4.3E+00	6.5E-03	1.2E+01	3.0E-01	3.4E-01	8.9E-01	4.3E-01
Recursos	MJ primário	1.1E+03	0.0E+00	3.9E+02	4.7E-02	3.7E+02	1.4E+01	5.4E+01	4.4E+01	8.0E+01
Retirada de água	m3	1.3E+00	0.0E+00	6.3E-01	2.6E-02	4.4E-01	2.5E-02	3.9E-02	2.3E-02	2.3E-02

6.5 Apêndice E - Categoria de contribuição de dano por categoria de impacto

Categoria de impacto	Unidade	Parede de bloco cerâmico	Parede de bloco de concreto	Parede de concreto armado moldado in loco
Carcinogênicas	kg C2H3Cl-eq	3.1E-01	4.5E-01	2.0E+00
Não carcinogênicas	kg C2H3Cl-eq	6.8E-01	1.1E+00	3.0E+00
Inorgânicos respiratórios	kg PM2.5-eq	4.0E-02	4.4E-02	7.0E-02
Radiação ionizante	Bq C-14-eq	1.8E+02	3.2E+02	3.6E+02
Esgotamento da camada de ozônio	kg CFC-11-eq	3.4E-06	5.8E-06	7.6E-06
Orgânicos respiratórios	kg C2H4-eq	1.8E-02	2.6E-02	3.3E-02
Ecotoxicidade aquática	kg TEG água	1.6E+03	2.7E+03	6.2E+03
Ecotoxicidade terrestre	kg TEG solo	6.1E+02	9.7E+02	1.9E+03
Acidificação/nutrição terrestre	kg SO2-eq	9.6E-01	1.3E+00	1.4E+00
Ocupação do solo	m ² org.arável	7.1E-01	8.4E-01	9.4E-01
Acidificação aquática	kg SO2-eq	1.5E-01	2.2E-01	2.9E-01
Eutrofização aquática	kg PO4 P-lim	2.9E-03	5.1E-03	1.0E-02
Energia não renovável	MJ primário	3.9E+02	6.8E+02	1.0E+03
Extração mineral	MJ superávit	8.1E-01	1.2E+00	1.1E+01
Aquecimento global	kg CO2-eq	3.2E+01	6.4E+01	9.4E+01
Água turbinada	m ³	7.8E+01	1.3E+02	3.8E+02
Retirada de água	m ³	1.2E+00	1.6E+00	1.3E+00

6.6 Apêndice F - Resultados da avaliação de incerteza de Monte-Carlo

Parede de bloco cerâmico versus parede de concreto

Categoria de dano	A >= B	Média	Mediano	SD	CV (coeficiente de variação)	2,50%	97,50%	Desvio-padrão médio
Mudança climática	0%	-31,6	-30,9	5,56	-17,60%	-44,2	-21,9	-0,00556
Qualidade do ecossistema	0%	-3,46	-3,27	1,56	-45,20%	-6,8	-1,44	-0,0143
Saúde humana	10,90%	-4.19E-06	-4.12E-06	3.49E-06	-83.30%	-1.13E-05	2.40E-06	-0.0263
Recursos	0%	-286	-283	49,4	-17,30%	-387	-197	-0,00546
Retirada de água	5,40%	-0,0862	-0,0867	0,0647	-75%	-0,211	0,0245	-0,0237

Intervalo de confiança: 95

Categoria de dano	A >= B	Média	Mediana	SD	CV (coeficiente de variação)	2,50%	97,50%	Desvio-padrão médio
Acidificação aquática	0%	-0,0655	-0,0637	0,0195	-29,80%	-0,107	-0,0328	-0,00942
Ecotoxicidade aquática	72%	93,9	239	690	734%	-1,27E+03	714	0,232
Eutrofização aquática	0%	-0,00219	-0,00195	0,00109	-49,80%	-0,00487	-0,00109	-0,0158
Cancerígenos	0,30%	-0,14	-0,139	0,0527	-37,70%	-0,247	-0,0367	-0,0119
Aquecimento global	0%	-31,6	-30,9	5,56	-17,60%	-44,2	-21,9	-0,00556
Radiação ionizante	0%	-144	-108	123	-85,60%	-491	-60,1	-0,0271
Ocupação do solo	3,30%	-0,131	-0,129	0,0722	-55,20%	-0,269	0,00799	-0,0175
Extração mineral	4,30%	-0,409	-0,398	0,253	-61,90%	-0,919	0,0883	-0,0196
Não cancerígenos	0%	-0,408	-0,388	0,14	-34,20%	-0,723	-0,181	-0,0108
Energia não renovável	0%	-286	-283	49,3	-17,20%	-386	-197	-0,00545
Esgotamento da camada de ozônio	0%	-2,45E-06	-2,31E-06	7,72E-07	-31,50%	-4,25E-06	-1,36E-06	-0,00997
Inorgânicos respiratórios	19,20%	-0,00373	-0,00348	0,00464	-124%	-0,0133	0,00497	-0,0393
Orgânicos respiratórios	0%	-0,00768	-0,00749	0,00204	-26,50%	-0,0121	-0,00423	-0,00839
Acidificação/nutri terrestre	0,20%	-0,3	-0,287	0,123	-41%	-0,585	-0,0963	-0,013
Ecotoxicidade terrestre	0%	-353	-327	182	-51,50%	-704	-128	-0,0163
Água turbinada	0%	-47	-46,4	10,2	-21,70%	-67,1	-27,9	-0,00685
Retirada de água	5,40%	-0,0862	-0,0867	0,0647	-75%	-0,211	0,0245	-0,0237

Intervalo de confiança: 95

Parede de blocos cerâmicos versus parede de concreto reforçado moldado in loco

Categoria de dano	A >= B	Média	Mediana	SD	CV (coeficiente de variação)	2,50%	97,50%	Desvio-padrão médio
Mudança climática	0%	-49,6	-48,7	11,7	-23,60%	-74	-29,2	-0,00745
Qualidade do ecossistema	0,40%	-5,1	-4,98	1,85	-36,20%	-9	-2,2	-0,0114
Saúde humana	0,20%	-1,48E-05	-1,48E-05	4,86E-06	-32,90%	-2,46E-05	-5,77E-06	-0,0104
Recursos	0%	-335	-335	67,1	-20%	-468	-209	-0,00634
Retirada de água	50,70%	0,309	0,00679	0,964	312%	-0,491	3,19	0,0987

Intervalo de confiança: 95

Categoria de dano	A >= B	Média	Mediana	SD	CV (coeficiente de variação)	2,50%	97,50%	Desvio-padrão médio
Acidificação aquática	0,10%	-0,0858	-0,085	0,0278	-32,50%	-0,14	-0,0367	-0,0103
Ecotoxicidade aquática	4,70%	-988	-905	808	-81,70%	-2,63E+03	213	-0,0258
Eutrofização aquática	2,90%	-0,00293	-0,00202	0,00363	-124%	-0,0109	0,000117	-0,0391
Cancerígenos	0%	-0,812	-0,809	0,149	-18,30%	-1,14	-0,538	-0,0058
Aquecimento global	0%	-49,6	-48,7	11,7	-23,60%	-74	-29,2	-0,00745
Radiação ionizante	13,40%	-154	-95,9	298	-193%	-841	150	-0,0611
Ocupação do solo	91,70%	0,183	0,179	0,143	78,10%	-0,0966	0,511	0,0247
Extração mineral	0%	-4,85	-4,79	0,552	-11,40%	-6,01	-3,85	-0,0036
Não cancerígenos	0%	-1,12	-1,08	0,362	-32,40%	-1,92	-0,513	-0,0103
Energia não renovável	0%	-330	-330	67	-20,30%	-462	-204	-0,00642
Esgotamento da camada de ozônio	1,20%	-1,72E-06	-1,63E-06	8,88E-07	-51,50%	-3,78E-06	-2,18E-07	-0,0163
Inorgânicos respiratórios	1%	-0,0133	-0,0134	0,00615	-46,10%	-0,026	-0,00203	-0,0146
Orgânicos respiratórios	0,30%	-0,00631	-0,00599	0,00264	-41,90%	-0,0125	-0,00165	-0,0133
Acidificação/nutri terrestre	5%	-0,24	-0,237	0,165	-68,80%	-0,567	0,0442	-0,0217
Ecotoxicidadeterrestre	0,50%	-555	-542	218	-39,30%	-1,02E+03	-213	-0,0124
Água turbinada	0%	-144	-144	23,2	-16,10%	-195	-102	-0,00508
Retirada de água	50,70%	0,309	0,00679	0,964	312%	-0,491	3,19	0,0987

Intervalo de confiança: 95

6.7 Apêndice G - Resultados das análises de sensibilidade

Vida útil de parede de blocos cerâmicos (vida útil de argamassa e blocos) vs parede de blocos de concreto e parede de concreto armado moldado in loco: 30 anos vs 40 anos vs 50 anos

Categoria de impacto	Parede frontal combloco cerâmico (vida útil =50 anos)	Parede frontal combloco cerâmico (vida útil =40 anos)	Parede frontal combloco cerâmico (vida útil = 30 anos)	Parede frontal combloco cerâmico (vida útil = 20 anos)	Parede frontal combloco de concreto (vida útil = 40 anos)	Parede frontal com concreto moldado in loco (vida útil = 40 anos)
Mudança climática	2.31E+01	3.20E+01	4.96E+01	9.53E+01	6.39E+01	9.44E+01
Qualidade do ecossistema	2.41E-05	3.11E-05	4.38E-05	7.29E-05	3.56E-05	6.30E-05
Saúde humana	5.37E+00	7.04E+00	1.01E+01	1.76E+01	1.06E+01	1.98E+01
Recursos	2.93E+02	3.91E+02	5.75E+02	1.03E+03	6.81E+02	1.05E+03
Retirada de água	7.96E-01	1.19E+00	2.03E+00	4.94E+00	1.57E+00	1.29E+00

Uso de ReCiPe como método AICV

Categoria de impacto	Unidade	Cenário 1: Parede frontal com bloco cerâmico	Cenário 2: Parede frontal com bloco de concreto	Cenário 3: Parede frontal com concreto armado moldado in loco
Mudança climática	kg CO2 eq	3.2E+01	6.3E+01	9.3E+01
Esgotamento da camada de ozônio	kg CFC-11 eq	3.4E-06	5.8E-06	7.6E-06
Toxicidade para o homem	kg 1.4-DB eq	5.1E+00	6.7E+00	2.1E+01
Formação de oxidante fotoquímico	kg NMVOC	2.0E-01	2.7E-01	2.9E-01
Formação de matéria particulada	kg PM10 eq	6.5E-02	8.3E-02	1.5E-01

Categoria de impacto	Unidade	Cenário 1: Parede frontal com bloco cerâmico	Cenário 2: Parede frontal com bloco de concreto	Cenário 3: Parede frontal com concreto armado moldado in loco
Radiação ionizante	kg U235 eq	1.7E+00	3.1E+00	3.5E+00
Acidificação terrestre	kg SO2 eq	1.3E-01	1.9E-01	2.7E-01
Eutrofização da água doce	kg P eq	2.4E-03	4.1E-03	1.3E-02
Eutrofização marinha	kg N eq	7.3E-03	9.5E-03	1.4E-02
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	3.4E-03	5.2E-03	8.7E-03
Ecotoxicidade da água doce	kg 1.4-DB eq	8.8E-02	1.3E-01	6.5E-01
Ecotoxicidade marinha	kg 1.4-DB eq	9.8E-02	1.4E-01	6.8E-01
Ocupação do solo cultivável	m2a	4.6E+00	4.4E+00	2.9E+00
Ocupação do solo urbano	m2a	4.5E-01	7.0E-01	1.1E+00
Transformação de terras virgens	m ²	2.7E-03	9.5E-03	1.8E-02
Esgotamento de água	m ³	1.0E+00	1.3E+00	9.8E-01
Esgotamento de metais	kg Fe eq	3.0E+00	4.9E+00	3.7E+01
Esgotamento de fósseis	kg petróleo eq	8.8E+00	1.5E+01	2.4E+01

Distâncias de distribuição: 50km vs 200km vs 500km vs 1000km

Categoria de dano	Unidade	Bloco cerâmico - 50km	Bloco cerâmico - 200km	Bloco cerâmico - 500km	Bloco cerâmico - 1000km	Bloco de concreto - 50km	Distância de concreto de reforço 50km
Mudança climática	kg CO2 eq	3.2E+01	6.3E+01	9.3E+01	3.2E+01	6.3E+01	9.3E+01
Saúde humana	DALY	3.4E-06	5.8E-06	7.6E-06	3.4E-06	5.8E-06	7.6E-06
Qualidade do ecossistema	PDF*m2*yr	5.1E+00	6.7E+00	2.1E+01	5.1E+00	6.7E+00	2.1E+01
Recursos	MJ primário	2.0E-01	2.7E-01	2.9E-01	2.0E-01	2.7E-01	2.9E-01
Retirada de água	m³	6.5E-02	8.3E-02	1.5E-01	6.5E-02	8.3E-02	1.5E-01

Índices de perdas de blocos e argamassa: cenário-base vs 5% vs 10% vs 15% vs 25%

Categoria de dano	Unidade	Parede frontal com bloco cerâmico – cenário base	Parede frontal com bloco cerâmico – índice de perda 5%	Parede frontal com bloco cerâmico – índice de perda 10%	Parede frontal com bloco cerâmico – índice de perda 15%	Parede frontal com bloco cerâmico – índice de perda 25%	Parede de bloco de concreto	Parede com concreto moldado in loco
Mudança climática	kg CO2 eq	3.2E+01	3.4E+01	3.5E+01	3.7E+01	4.0E+01	6.4E+01	9.4E+01
Saúde humana	DALY	3.1E-05	3.3E-05	3.4E-05	3.6E-05	3.9E-05	3.6E-05	6.3E-05
Qualidade do ecossistema	PDF*m2*yr	7.0E+00	7.4E+00	7.7E+00	8.1E+00	8.8E+00	1.1E+01	2.0E+01
Recursos	MJ primário	3.9E+02	4.1E+02	4.3E+02	4.5E+02	4.9E+02	6.8E+02	1.1E+03
Retirada de água	m³	1.2E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.4E+00	1.5E+00	1.6E+00	1.3E+00

Emissões do cimento: emissões americanas vs emissões canadenses vs emissões brasileiras

Categoria de dano	Unidade	Parede de bloco cerâmico/emissões americanas	Parede de bloco cerâmico/emissões canadenses	Parede de bloco cerâmico/emissões brasileiras	Parede de bloco de concreto/emissões americanas	Parede de bloco de concreto/emissões canadenses	Parede de bloco de concreto/emissões brasileiras	Parede reforçada com concreto moldado in loco / emissões americanas	Parede reforçada com concreto moldado in loco / emissões canadenses	Parede reforçada com concreto moldado in loco / emissões brasileiras
Mudança climática	kg CO2 eq	3.2E+01	3.2E+01	3.0E+01	6.4E+01	6.4E+01	5.7E+01	9.4E+01	9.4E+01	8.7E+01
Saúde humana	DALY	3.1E-05	3.4E-05	3.1E-05	3.6E-05	4.4E-05	3.3E-05	6.3E-05	7.3E-05	6.0E-05
Qualidade do ecossistema	PDF*m2*yr	7.0E+00	7.2E+00	6.7E+00	1.1E+01	1.1E+01	9.4E+00	2.0E+01	2.0E+01	1.8E+01
Recursos	MJ primário	3.9E+02	4.0E+02	3.5E+02	6.8E+02	6.8E+02	5.2E+02	1.1E+03	1.1E+03	8.6E+02
Retirada de água	m³	1.2E+00	1.2E+00	1.2E+00	1.6E+00	1.6E+00	1.5E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.2E+00

Formas de estruturas de suporte: formas de aço vs formas reforçadas com aço vs formas de aço inoxidável

Categoria de dano	Unidade	Parede frontal com bloco cerâmico	Parede frontal com concreto moldado in loco - forma de aço	Parede frontal com concreto moldado in loco - forma de aço reforçado	Parede frontal com concreto moldado in loco - forma de aço inoxidável
Mudança climática	kg CO2 eq	3.2E+01	9.4E+01	9.5E+01	9.8E+01
Saúde humana	DALY	3.1E-05	6.3E-05	6.4E-05	7.2E-05
Qualidade do ecossistema	PDF*m2*yr	7.0E+00	2.0E+01	2.0E+01	2.5E+01
Recursos	MJ primário	3.9E+02	1.1E+03	1.1E+03	1.1E+03
Retirada de água	m³	1.2E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.3E+00

Quantidade de lascas de madeira: parede frontal com blocos cerâmicos vs parede frontal com blocos de concreto

Categoria de dano	Unidade	Parede frontal com bloco cerâmico (cenário base)	Parede frontal com bloco cerâmico (lascas de madeira = +10%)	Parede frontal com bloco cerâmico (lascas de madeira = +15%)	Parede frontal com bloco cerâmico (lascas de madeira = +20%)	Parede frontal com bloco de concreto
Mudança climática	kg CO2 eq	3.2E+01	3.2E+01	3.2E+01	3.2E+01	6.39E+01
Saúde humana	DALY	3.1E-05	3.2E-05	3.2E-05	3.6E-05	3.56E-05
Qualidade do ecossistema	PDF*m2*yr	7.0E+00	7.1E+00	7.1E+00	7.6E+00	1.06E+01
Recursos	MJ primário	3.9E+02	3.9E+02	3.9E+02	3.9E+02	6.81E+02
Retirada de água	m³	1.2E+00	1.2E+00	1.2E+00	1.2E+00	1.57E+00

Origem das lascas de madeira: parede frontal com blocos cerâmicos vs parede frontal com blocos de concreto

Categoria de dano	Unidade	Parede frontal com blocos cerâmicos (cenário base – lascas de madeira industrial)	Parede frontal com blocos cerâmicos (lascas de madeira florestal)	Parede frontal com blocos de concreto
Mudança climática	kg CO2 eq	3.20E+01	3.21E+01	6.39E+01
Saúde humana	DALY	3.11E-05	3.13E-05	3.56E-05
Qualidade do ecossistema	PDF*m2*yr	7.04E+00	7.44E+00	1.06E+01
Recursos	MJ primário	3.91E+02	3.92E+02	6.81E+02
Retirada de água	m³	1.19E+00	1.19E+00	1.57E+00

6.8 Apêndice H - Revisão crítica

Marisa Vieira	MV
Carlos Santos	CS
Cássia Ugaya	CU
Rosa Crescencio	RC

Natureza do comentário	Descrição detalhada	Recomendação	De	Resposta (KK)
metodologia	Adaptar o objetivo do estudo à luz das mudanças feitas na seção G&S.	“Não apenas promover as vantagens de produtos de cerâmica...”	MV	Ok, isso foi acrescentado ao sumário executivo.
metodologia	Discutir a limitação do método de avaliação de impacto para incluir os impactos no esgotamento de recursos resultante da extração de argila, areia e calcário.		MV	O indicador de recursos Impact2002 considera o impacto sobre o esgotamento de recursos de minerais extraídos calculando a energia adicional necessária para extrair 5 vezes a quantia extraída cumulativa desde o começo da extração. No caso da areia, argila e calcário, a reserva desses minerais é abundante o suficiente para que a extração superávit chegue perto de zero. Por essa razão, a extração desses minerais não tem impacto sobre o indicador de esgotamento de recursos. Para o método ReCiPe e AICV, somente a extração de metais e fósseis é considerada em termos de recursos. Portanto, o impacto sobre os recursos devido a sua extração não é abrangido pelo método AICV usado neste estudo.
dados	Por que isso mudou tanto em relação à versão anterior do documento?		MV	Esses foram os valores dados pelo novo técnico (engenheiro) da Anicer.
esclarecimento	Qual foi a mistura de combustível usada no transporte?	Note que o Brasil tem, por exemplo, uma porcentagem mínima de etanol na mistura de combustível para veículos automotivos. Adaptar o transporte à mistura brasileira é muito importante uma vez que o transporte traz uma contribuição tão grande para todos os produtos.	MV	Após uma discussão com os revisores, concordou-se que a pesquisa seria feita para estudar o que era a mistura brasileira de combustíveis para caminhões. A informação foi encontrada por Danielle de Souza e enviada à Quantis. De acordo com os resultados, o etanol não é usado em caminhões de transporte; no entanto, a nova legislação limita o conteúdo de enxofre no diesel, e são usados 5% de biodiesel. Essa mistura de combustíveis é bastante similar àquela usada para o modelo, que considera 100% de diesel com baixo conteúdo de enxofre. O efeito de um baixo conteúdo de enxofre só teria um impacto da emissão aérea de dióxido de enxofre. O impacto do transporte foi bem próximo entre as paredes de blocos cerâmicos e de concreto (4% de diferença foi observado) e o impacto do transporte, no geral, foi maior para a parede de blocos cerâmicos em comparação com a parede de concreto armado moldado in loco. Contudo, uma vez que os resultados mostram que a parede de cerâmica tem um desempenho ambiental melhor que os outros dois tipos de parede, usar uma mistura de combustíveis específica para o Brasil só reduziria o impacto do transporte do cenário da cerâmica, e apoiaria o uso da cerâmica em

Natureza do comentário	Descrição detalhada	Recomendação	De	Resposta (KK)
				detrimento das duas outras opções. Por essa razão, uma análise de sensibilidade feita em mistura de combustíveis para caminhão não tornaria a conclusão mais robusta já que com esse cenário conservador o ACV mostrou um desempenho melhor da cerâmica.
dados	Blocos de concreto são feitos de areia, cimento e água.	incluir pedra esmagada	RC	O texto foi modificado conforme recomendado,
dados	Transporte: a areia, calcário e argila extraídos são transportados por mais de 150 km de caminhão até a fábrica de cimento. Depois o cimento é transportado por mais de 300 km até a fábrica de blocos.	revisar as distâncias	RC	A análise de sensibilidade da distância de transporte mostrou que não era um parâmetro sensível e até mesmo um aumento na distância não modificou as conclusões da comparação com paredes de cerâmica.
esclarecimento	O estágio de secagem permitiu a redução da umidade de 25% para 3% da massa.	de 25% para 30% da massa,	CS	Ok. Não há necessidade de modificação. O Sr. Santos interpretou os dados erroneamente.
esclarecimento	Supõe-se que a potência do motor do caminhão seja de 300HP.	Por favor, acrescente HP ao glossário ou, nos parênteses, acrescente cavalos ao acrônimo.	MV	Foi acrescentado à tabela do acrônimo.

Natureza do comentário	Descrição detalhada	Recomendação	De	Resposta (KK)
metodologia	Bens de capital são excluídos sob o argumento de que são os mesmos para todos. No entanto, não são sempre iguais; por exemplo, alguns produtos são mais pesados que outros, então resultarão em carga mais pesada, portanto usam mais transporte e dessa forma desgastam mais a estrada. Outra consequência disso é que esses resultados só serão úteis para comunicação sobre a comparação, mas não sobre os blocos cerâmicos em si, por exemplo, quantidade de pegadas de carbono.	Exclua se seu impacto é negligenciável, mas não argumentando que o impacto para todos esses produtos é o mesmo.	MV	Os dados da ecoinvent consideram a infraestrutura, portanto a maioria dos processos leva em consideração essas estruturas, especialmente nos casos em que o impacto é maior (kiln, forno, maquinaria, caminhões, etc.). A frase foi corrigida.
modelagem	Isso significa 16,5% para blocos cerâmicos?	Se considerarmos uma diferença sensível entre os materiais, isso mudará o estudo?	CU	O processo de lascas de madeira que foi usado é um processo genérico do banco de dados da ecoinvent. Portanto, o fator de alocação que foi usado para alocar o impacto entre os diferentes produtos da floresta é o mesmo usado pela ecoinvent. O fator em si não é um parâmetro que pode ser facilmente modificado para fazer uma análise de sensibilidade, uma vez que os cálculos não são parametrizados ou explicados nos relatórios da ecoinvent. Já que o fator de alocação poderia modificar o impacto devido ao uso de serragem, uma análise de sensibilidade foi feita sobre a quantidade de serragem usada (uma vez que a variabilidade no fator de alocação simplesmente teria efeito direto sobre a quantidade de serragem usada). Os resultados demonstraram que a quantidade de serragem queimada tem pouca influência sobre os resultados. A quantidade de serragem usada para o estágio de queima precisaria ser duas vezes maior para se notar uma mudança na tendência, mais especificamente na categoria Saúde Humana, que é a mais afetada pelas partículas finas emitidas.
esclarecimento	Quem foram os especialistas da indústria da tecnologia do concreto e da construção?	Por favor, incluam o especialista no relatório para aumentar a robustez do relatório.	MV	Os nomes dos especialistas foram incluídos a essa seção.
apresentação	Para cada hipótese, vocês podem acrescentar a seção onde a análise de sensibilidade é feita?		MV	Nos casos em que uma análise de sensibilidade foi feita, a referência à seção correta foi incluída. Nos casos em que as suposições não permitem nenhuma variabilidade (uma vez que estão de acordo com a legislação), explica-se por que nenhuma análise de sensibilidade foi feita.
interpretação	De acordo com o WBDG1, supõe-se que em todos os três cenários o material usado rendeu pouca isolamento térmico e isolamento acústico.		CS	De acordo com o Sr. Santos, a cerâmica tem melhor isolamento térmico. Uma frase foi acrescentada nessa seção e nos limites da seção para discutir como esse parâmetro não foi testado, mas que se tivesse sido, simplesmente aumentaria o desempenho ambiental das paredes de cerâmica versus as outras duas opções.

Natureza do comentário	Descrição detalhada	Recomendação	De	Resposta (KK)
metodologia	Os impactos da mudança climática e a retirada de água também foram incluídos na categoria de danos à Saúde Humana?	Caso tenham sido, por favor acrescente isso ao relatório. Caso contrário, podem ser interpretados como indicadores individuais que não se relacionam às três categorias de dano.	MV	Não, não foram incluídos. Por favor verifique o apêndice 7 (seção "Avaliação de impacto") ou "Humbert S. De Schryver A. Margni M. Jolliet O (2012), IMPACT 2002+ Guia do usuário: Rascunho da versão Q2.2 (versão adaptada pela Quantis). Quantis, Lausanne, Suíça. Disponível em: quantis-intl.com ou sebastien.humbert@quantis-intl.com". A caracterização do meio para o final mostra que as categorias de mudanças climáticas e ponto médio da água não estão inclusas na categoria ponto de saturação da Saúde Humana.
dados	As análises de vida útil e sensibilidade são apresentadas independentemente. Contudo, a vida útil da argamassa e da parede caminha junta.	Por favor, incluam a vida útil da argamassa nas análises de vida útil da parede.	MV	As análises sensibilidade foram modificadas. Uma análise compara paredes de blocos cerâmicos com vidas úteis mais longas ou mais curtas (tanto para o bloco como para a argamassa) quando comparadas à parede de concreto baseline. Outra análise de sensibilidade compara paredes de blocos cerâmicos a vidas úteis mais longas ou mais curtas (tanto para o bloco como para a argamassa) quando comparadas à parede de concreto baseline in loco.
esclarecimento	A citação se refere a Humbert et al, 2009 mas na lista de referências o ano 2011 é mencionado	A versão mais atual não está disponível no web site citado.	MV	A referência é: "HUMBERT, S., ROSSI, V., MARGNI, M., JOLLIET, O, et LOERINCIK, Y. (2009). Life cycle assessment of two baby food packaging alternatives: glass jars vs. plastic pots. International Journal of Life Cycle Assessment 14(2) p,95-106". Foi adicionado à seção de referências.
metodologia	Só encontrei a versão 2.1 desse relatório e não há valores de incerteza por categoria: baixa, média, alta e muito alta.	Os valores não são apoiados pelas referências listadas, então sugiro que os valores sejam removidos do relatório e que a incerteza na AICV seja discutida em seu lugar.	MV	Os valores são apoiados no relatório: HUMBERT, S., ROSSI, V., MARGNI, M., JOLLIET, O. et LOERINCIK, Y. (2009). Life cycle assessment of two baby food packaging alternatives: glass jars VS plastic pots, International journal of Life cycle assessment 14(2) p.95-106. São diretrizes para as incertezas associadas ao modelo usado para caracterizar emissões e consumo de recursos (uma vez que esses modelos não podem ser quantificados por análise estatística). Essas diretrizes foram propostas pelos autores do IMPACT 2002+ método do relatório acima citado e foram seguidas durante a análise dos resultados. Elas estabelecem limiares de significância para diferentes categorias de impacto, para determinar quando não é possível concluir qual o melhor desempenho ambiental de uma opção em relação à outra. É melhor confiar nas diretrizes dado que são uma boa indicação de incerteza de diferentes categorias. Já que os três cenários de parede usam processos manufatureiros distintos e não estão correlacionados, é importante considerar essa incerteza ao interpretar os resultados. A Quantis acredita que a melhor abordagem para esse modelo de incerteza é seguir as diretrizes propostas pelo s autores do IMPACT2002+.
tipologia	ACV Brasil em vez de Brazil		MV	Isso foi modificado no relatório.
esclarecimento	"...a comparação de três tipos de paredes"	Por favor, revisem essa frase já que a parede de concreto armado moldado in loco e a parede de blocos de concreto não são comparadas.	MV	Isso foi modificado.

Natureza do comentário	Descrição detalhada	Recomendação	De	Resposta (KK)
esclarecimento	Qual a diferença entre análises de sensibilidade e de cenário?		MV	A diferença é que em uma análise de sensibilidade apenas um parâmetro é testado, enquanto que na análise de cenário estudamos o efeito de uma situação diferente na qual mais de um parâmetro varia. No ICA, uma diferença deve ser feita entre esses dois tipos de análise mas isso nem sempre é feito. Não fizemos essa distinção na seção de análise; portanto o marcador 5 foi removido.
metodologia	"...para avaliação de indicadores de impacto" de ponto médio e de ponto de saturação	Por favor incluam "inventário" para que a retirada de água também seja incluída.	MV	Isso foi modificado.
editorial	Substituíam o título "blocos de argila" por "blocos cerâmicos".		MV	Isso foi modificado.
esclarecimento	Não deveria ser blocos cerâmicos no denominador?		MV	Isso foi modificado. Na verdade havia um erro na fórmula, então os números mudaram. Isso não muda as conclusões ou a interpretação de forma alguma.
interpretação	Com o que os valores na tabela 3.1 foram comparados para estabelecer que a incerteza pode levar a conclusões? Na tabela 2.9.2 nem todos os valores são mostrados.		CU	Apenas aqueles para os quais foram dadas diretrizes consideram incertezas. Para as categorias ponto médio para as quais nenhuma diretriz é proposta e basear as conclusões da comparação em conjunto com incertezas Monte-Carlo. No entanto, conclusões sempre são feitas com base no indicador de ponto de saturação, para o qual existem 4 diretrizes para os 5 indicadores. Mais uma vez, se não há diretrizes (isto é, Retirada de água) devemos basear as conclusões da comparação em conjunto com as incertezas Monte-Carlo ou simplesmente discutir que nenhuma conclusão substancial pode ser tirada baseada naquele indicador.
tipologia	nesta seção		CU	Isso foi modificado.
coleta de dados	Origem das lascas de madeira?		CU	Lascas de madeira normalmente são feitas de madeira industrial, mas certa parte pode vir de madeira residual. Aquelas feitas de resíduo industrial de madeira dura ou mole geralmente vêm da produção de madeira redonda, que está relacionada às serrarias. A ocupação do solo devido a florestas necessárias para a produção de serragem é definida como floresta extensiva para floresta intensiva para embankment de estrada. O método de caracterização usado neste estudo só leva em consideração a ocupação da terra e não a transformação da terra. Um dado secundário para Serragem de florestas também está disponível. Uma análise de sensibilidade foi acrescida para testar a influência da origem da serragem nos resultados.
interpretação	Por que uma cautela específica com a retirada de água? As mudanças climáticas e o esgotamento de recursos são dominados pela produção de concreto armado moldado in loco para o qual foram usados dados genéricos da ecoinvent.		MV	Isso foi modificado.

Natureza do comentário	Descrição detalhada	Recomendação	De	Resposta (KK)
tipologia	"Transportation" em vez de "Transportion"		MV	Isso foi modificado.
interpretação	Apenas 5 indicadores são apresentadas mas a interpretação no texto está focada na categoria impacto. Por favor, consulte o apêndice onde são apresentados os resultados por categoria de impacto		MV	Onde a discussão aborda categorias de ponto médio fazemos referência no apêndice E.
interpretação	As lascas de madeira usadas no estágio de queima reduzem o total de esgotamento de recursos quando comparadas a combustíveis fósseis, mas aumentam o impacto sobre a qualidade do ecossistema por uso da terra. Isso é captado pelo método AICV?		MV	Sim, o uso da terra a partir da produção de lascas de madeira é captado no indicador de ponto médio do Uso da Terra, o qual é caracterizado dentro do indicador Ponto de Saturação da Qualidade do Ecossistema. No entanto, a transformação da terra não é captada no indicador de Uso da Terra usando IMPACT2002+.
esclarecimento	Na página 27 é dito que a infraestrutura será excluída mas a construção de poços de petróleo cru aparece na qualidade do ecossistema como um dos indicadores principais.	Por favor, esclareçam isso.	MV	As infraestruturas da ecoinvent são consideradas.
tipologia	"The spread of contribution is relatively closed when compared to..."	"close" em vez de "closed"?	MV	Isso foi modificado.
apresentação		A última frase é genérica, então deveria ser colocada na seção 2.7.	MV	Isso foi modificado.
apresentação	É possível usar os mesmos estágios de ciclo de vida como na seção 3.2 para que a importância do dado seja fácil de acessar?		MV	Isso foi modificado.
interpretação	Para a produção de blocos de concreto e cimento, a qualidade dos dados é relativamente baixa e esses são os estágios dominantes para os impactos.	Discutam a robustez dos resultados à luz disso.	MV	Isso é discutido detalhadamente na seção Limites.
coleta de dados	O relatório Quantis (2001) está disponível?		CU	Isso foi enviado à Cássia e acrescentado às referências.
editorial	Sensibilidade ou sensibilidade?		CU	Isso foi modificado.
coleta de dados	Cimento ou concreto? Anteriormente para o concreto foi mais de 0,8 t.		CU	Para o cimento.

Natureza do comentário	Descrição detalhada	Recomendação	De	Resposta (KK)
interpretação	O impacto para retirada de água deve ser o mesmo independentemente do método porque esse é um indicador de inventário. De onde vêm as diferenças?		MV	Os dados do inventário que são compilados no indicador Retirada de Água do IMPACT2002+ inclui a retirada de água (em m ³ de água necessários, quer seja evaporada, consumida ou lançada de volta ao riacho) sem água turbinada (isto é, água fluindo pelas estações hidrelétricas). Ele considera a água potável, água para irrigação e água para processos industriais (incluindo água para resfriamento), água doce e água do mar também. O indicador Esgotamento de água ReCiPe não inclui água para resfriamento e água para processos.
interpretação	A categoria de impacto Uso da terra no IMPACT2002+ só inclui a ocupação da terra, ao passo que o ReCiPe também inclui a transformação da terra. Acho que o segundo método é mais completo e mostra que a tendência mostrada para IMPACT2002+ não é válida.		MV	Isso foi abordado no relatório.
interpretação	O último parágrafo tem conclusões baseadas na avaliação de incertezas e não nas análises de sensibilidade.	Por favor removam isso ou movam para a seção seguinte	MV	Isso foi modificado.
metodologia	É usada a distribuição uniforme mas isso só é aplicável quando não há uma opção melhor no gradiente; por exemplo, jogar dados.	Se, por exemplo, a distância aproximada é sabida, a distribuição triangular deve ser usada com a melhor aposta de valor e o mínimo e máximo.	MV	Sim. Esse foi o caso de um dado que requeria distribuição uniforme.
dados	A que dados primários foi acrescentada a incerteza?	Pelo menos aqueles listados como de alta importância na seção 3.3.	MV	<p>Certos dados primários não foram fornecidos já que era um cálculo direto. O texto será modificado para indicar que a distribuição foi aplicada à MAIORIA dos dados primários (70%).</p> <p>Além disso, olhei o modelo para identificar os dados primários para os quais nenhuma distribuição uniforme foi designada e são apenas certos parâmetros no cenário de blocos cerâmicos. A equipe anterior que trabalhou com os blocos ACV já havia modelado os blocos cerâmicos e eu não deixei de notar que nenhuma incerteza fora adicionada. No entanto, todos os dados primários para a parede de bloco de concreto e para parede de concreto moldado tiveram uma distribuição a eles designada e a maioria dos dados primários para o cenário do bloco cerâmico também.</p> <p>Além disso, notei que nem todos os dados secundários têm distribuições. Por exemplo, alguns plásticos (ou seja, HDPE) em ecoinvent só estão disponíveis como produtos do sistema de forma que eles usam os dados que são acumulados para os quais nenhuma distribuição pode ser atribuída. Esses plásticos são usados em uma grande quantidade de processos, o que explica por que nunca pode alcançar 100% de dados com distribuições (parece que não importa qual processo está ocorrendo, o resultado é sempre em torno de 71,9%).</p>

Natureza do comentário	Descrição detalhada	Recomendação	De	Resposta (KK)
tipologia	Expect ou except?		CU	Isso foi modificado.
interpretação	No marcador 3, é incluída a influência do uso de material isolante. No entanto, isso foi excluído dos limites do sistema.		MV	Isso foi modificado.
interpretação	Considero a representatividade dos processos usados na manufatura do cimento e do concreto uma das grandes limitações deste estudo porque esses são processos fundamentais para o impacto ambiental desses produtos.		MV	Isto é discutido mais detalhadamente na seção limites.

6.9 Apêndice I – Declaração de Revisão

Declaração de revisão crítica de “ACV comparativa de paredes construídas com blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco”

Equipe de revisão crítica I: Marisa Vieira (PRé Consultoria), Carlos Santos (SENAI Mario Amato), Cássia Ugaya (ACV Brasil) e Rosa Crescêncio (SENAI Orlando LavieroFerraiuolo)

Relatório de estudo: Avaliação Comparativa do Ciclo de Vida de paredes construídas com Blocos Cerâmicos, Blocos de Concreto e Concreto armado moldado in loco, versão 1.3 (7-6-2012): Relatório final, revisado pela equipe

Preparado por: Quantis International

Preparado para: ANICER

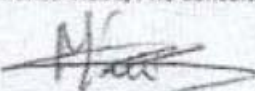

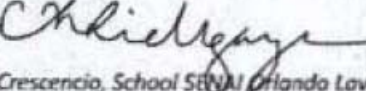
A equipe de revisão crítica revisou o relatório do estudo comparativo de ACV de paredes construídas com blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco preparado para Anicer para conformidade com padrões ISO 14040 e 14044. Essa revisão crítica é necessária visto que o estudo foi planejado para divulgação ao público e compara diferentes produtos, logo, pode influenciar as escolhas de compras e afetar interesses de acionistas.

O Objetivo e Abrangência e Relatório Final foram sujeitos a revisão. A revisão crítica foi feita em dois turnos. No primeiro turno, foram coletados comentários de revisão sobre o objetivo e abrangência e discutidos entre a equipe de revisão crítica e a equipe ACV que conduziu o estudo para a Quantis. A equipe ACV fez os ajustes necessários e/ou comentários sobre a aceitação das recomendações e procedeu com o término do relatório ACV completo. Dessa forma, ele foi enviado para um segundo turno de revisão, quando a equipe de revisão crítica fez comentários adicionais. Esses comentários foram compilados no Anexo H do relatório ACV final.

Este estudo compara o ciclo de vida de paredes feitas de blocos cerâmicos com paredes feitas de blocos de concreto e paredes de concreto armado moldado in loco usados em construções no Brasil. Esses produtos também são produzidos e descartados no Brasil, daí a necessidade de dados brasileiros representativos para avaliar as diferenças entre eles. Os comentários principais focam na falta de representatividade geográfica para o Brasil em termos de inventário e análise de impacto. Em relação a dados de inventário, os dados brasileiros foram usados sempre que disponíveis. Entretanto, a maioria do histórico foi moldada com base em dados de médias europeias. Além disso, para a fase de produção de blocos de concreto e parede de concreto armado moldado in loco, que é um dos maiores contribuintes, todos os dados, exceto mistura de eletricidade e dimensões do produto, foram baseados em equivalentes europeus. Adicionalmente, é recomendado coletar dados de inventário de transporte no Brasil, visto que este é um dos maiores contribuintes. Em relação à aplicação do IMPACT 2002+ como método de avaliação de impacto, esse método não é representativo das condições brasileiras, como impactos na biodiversidade quando da ocupação do terreno. Além disso, a transformação do terreno não é sequer considerada, e isto é um assunto de crescente preocupação no Brasil. Entretanto, a falta de representatividade no método de análise de impacto é mais relevante para as categorias de danos à Saúde Humana e Qualidade do Ecossistema e nenhuma conclusão foi tirada desses dados.

Apesar das limitações mencionadas acima, a equipe de revisão crítica pensa que a interpretação feita pela equipe de ACV leva em consideração as limitações identificadas no objetivo e abrangência do estudo. Logo, a equipe de revisão crítica avalia que considerando as limitações e hipóteses do estudo, os blocos cerâmicos possuem benefícios claros na Mudança Climática e Esgotamento de Recursos quando comparados a blocos de concreto e de concreto armado moldado in loco. Entretanto, os benefícios de blocos cerâmicos em relação a blocos de concreto armado moldado in loco para impactos na Mudança Climáticas são sensíveis ao tempo de vida de paredes de blocos cerâmicos, embora isso só aconteça quando o tempo de vida das paredes de blocos cerâmicos é reduzido em 50% (ver seção 3.4.2, Figura 3-18). Para a saúde humana, a qualidade do ecossistema e retirada de água, o painel de revisão por pares acredita que nada pode ser concluído.

Assinado pelos revisores em 11 de junho de 2012

Marisa Vieira, PRé Consultants, Netherlands (head of review panel)

Carlos Santos, School SENAI Mario Amato, Brazil

Cássia Ugaya, ACV Brasil, Brazil

Rosa Crescencia, School SENAI Orlando Laviero Ferraluolo, Brazil
