



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO,
UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

RAFAEL ALVES MONTEIRO

**A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA APLICADA A
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Presidente Prudente - SP
2024



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO,
UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

RAFAEL ALVES MONTEIRO

**A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA APLICADA A
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação apresentada Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Prado Osco
Co-orientadora: Prof. Dr. Alba Regina Azevedo Arana

624.1
M775i

Monteiro, Rafael Alves.

A importância da análise do ciclo de vida aplicada a sustentabilidade ambiental no setor da construção civil / Rafael Alves Monteiro. - Presidente Prudente, 2024.
76 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2024.

Bibliografia.

Orientador: Dr. Lucas Prado Osco

1. Análise do Ciclo de Vida. 2. Sustentabilidade. 3. Gestão Ambiental. 4. Construção Civil. 5. Impactos Ambientais. I. Título.

Catálogo na Fonte: Maria Letícia Silva Vila Real - CRB 8/10699

RAFAEL ALVES MONTEIRO

**A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA APLICADA A
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação apresentada Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Área de concentração: Ciências Ambientais.

Presidente Prudente, 03 de outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lucas Prado Osco
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

Prof. Dr. Mayara Maezano Fanta Pinheiro
Universidade Estadual Paulista - UNOESTE
Presidente Prudente

Prof. Dr. Jacqueline Roberta Tamashiro Berguerand Xavier
Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE
Presidente Prudente

DEDICATÓRIA

Dedico aos professores da UNOESTE essa conquista, principais responsáveis por essa realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a professora Alba Regina Arana pela dedicação ao longo de quase dois anos, sempre atenciosa e disposta a ajudar através de seu conhecimento, disponibilizando material para estudo e orientando de forma brilhante.

Ao Professor Lucas Prado Osco pela atenção e orientação durante a parte final do meu curso, sendo fundamental e brilhante em sua participação.

“Tempo livre sem estudo é morte – um túmulo para a pessoa viva”. (Sêneca)

RESUMO

A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA APLICADA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A crescente preocupação com os impactos ambientais causados pela construção civil exige o desenvolvimento e a aplicação de ferramentas que possibilitem uma gestão ambiental mais eficiente e sustentável. Nesse contexto, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) se destaca como uma metodologia essencial para avaliar e mitigar os impactos ambientais associados a todas as fases de um produto ou serviço, desde a extração de matérias-primas até a disposição final. Este estudo visa explorar de forma detalhada a aplicação da ACV no setor da construção civil, com ênfase em edificações de concreto armado, demonstrando como essa ferramenta pode contribuir para a tomada de decisões mais sustentáveis e informadas. A pesquisa contextualiza a ACV no cenário atual de desafios ambientais, descreve suas principais etapas – definição do objetivo e escopo, realização do inventário, avaliação de impacto e interpretação dos resultados – e fornece exemplos práticos de sua implementação. Além disso, são abordadas as vantagens da ACV, como a identificação de oportunidades de melhoria em processos e produtos, a otimização no uso de materiais e a redução das emissões de carbono, bem como suas limitações, como a complexidade na coleta de dados e a necessidade de padronização das metodologias. A contribuição deste estudo reside na integração teórica e prática da ACV com a gestão ambiental no setor da construção civil, oferecendo insights valiosos para empresas públicas e privadas que buscam reduzir seus impactos ambientais e se alinhar com as metas globais de sustentabilidade. O trabalho reforça a importância da ACV como uma ferramenta de gestão estratégica para promover construções mais eficientes, economicamente viáveis e ecologicamente responsáveis, atendendo à crescente demanda por soluções sustentáveis no setor da construção.

Palavras-chave: Análise do Ciclo de Vida; Sustentabilidade; Gestão Ambiental; Construção Civil; Impactos Ambientais.

ABSTRACT

THE IMPORTANCE OF LIFE CYCLE ASSESSMENT APPLIED TO ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

The increasing concern over the environmental impacts caused by the construction industry demands the development and application of tools that enable more efficient and sustainable environmental management. In this context, Life Cycle Assessment (LCA) stands out as an essential methodology for evaluating and mitigating the environmental impacts associated with all stages of a product or service, from raw material extraction to final disposal. This study aims to explore in detail the application of LCA in the construction industry, with an emphasis on reinforced concrete buildings, demonstrating how this tool can contribute to more informed and sustainable decision-making processes. The research contextualizes LCA within the current environmental challenges, describes its main phases – goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment, and result interpretation – and provides practical examples of its implementation. Moreover, the advantages of LCA are discussed, including the identification of improvement opportunities in processes and products, optimization of material usage, and reduction of carbon emissions, as well as its limitations, such as the complexity of data collection and the need for methodology standardization. The contribution of this study lies in the theoretical and practical integration of LCA with environmental management in the construction industry, offering valuable insights for public and private organizations aiming to reduce their environmental impacts and align with global sustainability goals. The study emphasizes the importance of LCA as a strategic management tool to promote more efficient, economically viable, and environmentally responsible constructions, meeting the growing demand for sustainable solutions in the construction sector.

Keywords: Life Cycle Assessment; Sustainability; Environmental Management; Construction Industry; Environmental Impacts.

LISTA DE SIGLAS

ALFASOL	— Alfabetização Solidária
CAPES	— Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEB	— Câmara de Educação Básica
CEE/MT	— Conselho Estadual de Educação do Estado de Mato Grosso
CEFET	— Centro Federal de Educação Tecnológica
CF	— Constituição Federal
CNBB	— Conferência Nacional de Bispos do Brasil

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1—** Cargas dos pilares **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 2—** Desenvolvimento do cálculo para verificação da capacidade de cargas nas fundações..... **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 3—** Valores de K..... **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 4—** Capacidade de carga admissível **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 5—** Critério para assentamento das estacas governadas pelo furo SM 06 **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 6—** Determinação do custo da estaca pré-moldada de concreto **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 7—** Determinação do custo da estaca raiz .. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 8—** Determinação do custo da estaca Hélice Contínua**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 9—** Resumo dos custos entre os tipos de fundações profundas analisadas **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 10—** Determinação da Sustentabilidade da estaca pré-moldada de concreto **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 11—** Determinação da Sustentabilidade da estaca raiz**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 12—** Determinação do Sustentabilidade da estaca Hélice Contínua..... **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 13—** Resumo do Potencial de aquecimento Global analisada **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 14—** Resumo do Potencial de acidificação analisado**Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1—** Estadas de Processamento do Sistema de Gestão Ambiental **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 2—** Fases de uma ACV **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 3—** Localização da área objeto de estudo... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 4—** Perfil do furo NSPT 06 **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 5—** Gráfico comparativo do Potencial de Aquecimento Global versus Tipos de Estacas **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 6—** Gráfico comparativo do Potencial de Acidificação versus Tipos de Estacas **Erro! Indicador não definido.**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
1.1	Objetivo	Erro! Indicador não definido.
1.2	Justificativa	Erro! Indicador não definido.
1.3	Metodologia Empregada e Estrutura Organizacional do Trabalho	Erro! Indicador não definido.
2	A ACV E A GESTÃO AMBIENTAL	Erro! Indicador não definido.
2.1	A Interação entre Meio Ambiente e Desenvolvimento	Erro! Indicador não definido.
2.2	Crise Ambiental e Impactos	Erro! Indicador não definido.
2.3	Modelos Pontuais de Gestão Ambiental	Erro! Indicador não definido.
2.4	Avaliação do Ciclo de Vida	Erro! Indicador não definido.
2.4.1	Histórico da ACV.....	Erro! Indicador não definido.
2.4.2	AACV e as Normas ISO	Erro! Indicador não definido.
2.4.3	AACV como Ferramenta de Gestão.....	Erro! Indicador não definido.
2.4.4	Aplicação da ACV nas Empresas	Erro! Indicador não definido.
2.4.5	As Etapas da ACV	Erro! Indicador não definido.
3	METODOLOGIA DA ACV	Erro! Indicador não definido.
3.1	Contextualização	Erro! Indicador não definido.
3.2	Contribuição da ACV para os Setores Público e Privado	Erro! Indicador não definido.
3.3	A ACV na Execução de Projetos	Erro! Indicador não definido.
3.4	As Organizações que usam a ACV	Erro! Indicador não definido.
3.5	As Etapas da ACV	Erro! Indicador não definido.
3.5.1	Definição do Objetivo e do Escopo.....	Erro! Indicador não definido.
3.5.2	Fronteiras do Sistema.....	Erro! Indicador não definido.
3.5.3	Unidade Funcional.....	Erro! Indicador não definido.
3.5.4	Confecção do Inventário	Erro! Indicador não definido.
3.5.5	Escolha dos Dados.....	Erro! Indicador não definido.
3.5.6	Orientações para Inserção de Dados	Erro! Indicador não definido.
3.5.7	Recolhimento de Dados	Erro! Indicador não definido.
4	IMPACTOS E APLICAÇÃO	Erro! Indicador não definido.
4.1	Avaliação de Impactos	Erro! Indicador não definido.

4.2	Concreto Armado e Uso da ACV	Erro! Indicador não definido.
4.3	Aplicação da ACV em Edificações com Concreto Armado	Erro! Indicador não definido.
5	PROJETO GEOTÉCNICO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS EM SOLOS ARGILO ARENOSOS DO DISTRITO FEDERAL – ESTUDO DE CASO – FINANCEIRO E SUSTENTABILIDADE	Erro! Indicador não definido.
5.1	Historico	Erro! Indicador não definido.
5.2	Localização da Área Objeto de Estudo.....	Erro! Indicador não definido.
5.3	Características da Obra	Erro! Indicador não definido.
5.4	Resultados e Discussões.....	Erro! Indicador não definido.
5.5	Investigação Geotécnica.....	Erro! Indicador não definido.
5.6	Definição do Tipo de Fundação.....	Erro! Indicador não definido.
5.7	Definição do Intervalo de Carga Fundação	Erro! Indicador não definido.
5.8	Definição da Capacidade de Carga das Estacas	Erro! Indicador não definido.
5.9	Capacidade Estrutural das Estacas	Erro! Indicador não definido.
5.10	Capacidade de Carga Admissível das Estacas governadas pelo furo SM -06	Erro! Indicador não definido.
5.11	Determinação de Custo para Implantação das soluções de Fundações	Erro! Indicador não definido.
5.12	Determinação da Sustentabilidade para Implantação das soluções de Fundações.....	Erro! Indicador não definido.
6	CONCLUSÃO.....	Erro! Indicador não definido.
	REFERÊNCIAS	13
	ANEXO A— Gráfico capacidade de carga das estacas (KN) em relação à profundidade (m)	Erro! Indicador não definido.

REFERÊNCIAS

ABREU, D. G.; JEFFERSON, I.; BRAITHWAITE, P. A.; CHAPMAN, D. N. Why is Sustainability Important in Geotechnical Engineering. *In*: GEOTECHNICAL SPECIAL PUBLICATION, 178., 2008. **Anais [...]**. Dallas: GEOCONGRESS, 2008.

ARAKI, M.S. **Aspectos Relativos às Propriedades dos Solos Porosos Colapsíveis**. 1997. 121 p. Dissertação (Mestrado- Departamento de Engenharia Civil e Ambiental)- Universidade de Brasília, Brasília, 1997.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14044**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2010.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BARBOZA, E. M. F. **Rotulagem Ambiental**: Rótulos ambientais e Análise do Ciclo de Vida (ACV). Brasília: IBICT, 2007.

BASTOS, P. **Fundamentos do Concreto Armado**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2019. Disponível em: https://www.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto1.htm. Acesso em: 03 set. 2021.

BENTO, R. **Análise do Desempenho Ambiental de Estruturas de Concreto Armado**: Uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no processo decisório do dimensionamento. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

BIER, C. A.; BOUSFIELD, R.; ABREU, S. **Estruturação de um plano estratégico para capacitação de recursos voltado para organizações sem fins lucrativos.**

Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências da Administração, Escola Superior de Administração e Gerência, 2006.

BUNDER, J. **O Concreto**: Sua origem, sua história. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2016. Disponível em: <https://usp-br.academia.edu/JefersonBunder>. Acesso em: 05 set. 2021

CARDOSO, F. B. F. **Propriedades e comportamento mecânico de solos do Planalto Central Brasileiro**. 357 p. Tese (Doutorado- Departamento de Engenharia Civil e Ambiental)- Universidade de Brasília, Brasília: UnB, 2002.

CARDOSO, F. B. F., MARTINS, E. S.; CAMAPUM DE CARVALHO, J. Micromorphological Evolution of Collapse in Deeply Weathered Tropical Soils. *In*: PANAMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 10., Guadalajara, México, 1995. **Anais** [...]. Guadalajara, México, 1995. v.1, p.57-65.

CARREIRAS, M.; CASTANHEIRA, É. G.; LOPES, M. A. R.; FERREIRA, A. J. D. **A análise do ciclo de vida como ferramenta de apoio à implementação do Regulamento EMAS II na Escola Superior Agrária de Coimbra**. Coimbra: Escola Superior Agrária de Coimbra, 2007.

CBCS. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. **Projeto Avaliação de Ciclo de Vida Modular de Blocos e Pisos de Concreto**. 2014. Disponível em: http://www.cbcs.org.br/5dotSystem/userFiles/ACV-m/CBCS_ACVblocos-concreto.pdf. Acesso em: 05 set. 2021.

CHAMORRO, A. **Marketing Ecológico**; sí marketing ecológico. Buenos Aires: Universidad de Extremadura, 2001.

CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2002.

CUNHA, R. P.; CAMAPUM DE CARVALHO, J. Analysis of the Behavior of a drilled pier foundation in a weathered, foliated and folded slate. *In: Proc. XIV ICSMFE. V. I.* Hamburgo, Alemanha, 1997. p. 785-786.

CUNHA, R. P.; PEREIRA, J. H. F.; CARVALHO, J. C. Evaluation of deep bored foundation behavior on a tropical residual soil via instrumented loading tests. *In: Deep Foundations on Bored and Auger Piles: Van Impe.* Rotterdam, Países Baixos, 2003. p. 367-372.

DÉCOURT, L. A Ruptura de Fundações Avaliada com Base no Conceito de Rigidez. *In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, 3.,* São Paulo, 1996. Anais [...]. São Paulo, 1996. v. 1. p. 225-224.

DURNING, A. **How Much is Enough? The Consumer Society and the Future of the Earth.** New York: W.W. Norton & Co., 1992.

EPA. Environmental Protection Agency. **Life Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles.** Cincinnati, Ohio, USA: Office of Research and Development, 1993.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. **Ecologia Industrial.** São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

GIANNETTI, B.; ALMEIDA, C. M. V. B.; RIBEIRO, C. M. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): Uma Ferramenta Importante da Ecologia Industrial. **Revista de graduação de engenharia química,** São Paulo, v. 11, n. Jan-Jun, p. 13-22, 2003.

GIANNETTI, B.; ALMEIDA, C. M. V. B.; RODRIGUES, A. J. M.; BONILLA, S. H. A Contabilidade Ambiental na Metodologia do Ecodesign: Utilizando a Emergia como uma Medida Quantitativa de Avaliação de Carga Ambiental. O Caso das Embalagens PET. *In: International Workshop Advances in Cleaner Production, 1.,* 2007. **Anais [...].** 2007.

GREENPEACE. **Produção Limpa**. 1997. Disponível em: http://www.greenpeace.org.br/toxicos/pdf/producao_limpa.doc. Acesso em: 12 out. 2008.

HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S.; NIYAMA, S. **Fundações: Teoria e Prática**. São Paulo: Editora Pini, 1996. 751 p.

HAHN, S. Os Papéis da Ciência dos Materiais e da Engenharia para uma Sociedade Sustentável. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 8, n. 20, p. 1, jan./abr. 1994.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: ISO 14040. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. *In*: International Organization for Standardization, Japan, 2006. **Anais**[...]. Japan: IPCC, 2006.

ITANI, A.; VILELA JUNIOR., A. Meio Ambiente e Saúde: Desafios para a Gestão. **Interfaces**, São Paulo, v.1, n.3, p.1, abr. 2007.

ISO. International Organization for Standardization. **Página Inicial**. 2008. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home.htm>. Acesso em: Setembro 2008.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, mar. 2003.

JARDIM, N. A. Metodologia de Previsão de Capacidade de Carga Vertical e Horizontal Utilizando o Dilatômetro de Marchetti. 1998. Brasília. 141 p. Dissertação (Mestrado- Departamento de Engenharia Civil e Ambiental)- Universidade de Brasília, Brasília: UnB, 1998.

MICHELINI, A. N. da C.; JAPPUR, R. F.; SELIG, P. M.; LERÍPIO, A. de Á. Uma Proposta de Incorporação de Indicadores de Ecoeficiência ao Setor Termelétrico Brasileiro a Carvão Mineral. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004. **Anais** [...]. Florianópolis, 2004.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Página Inicial**. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=583>. Acesso em: Novembro 2008.

PEREIRA, R. da S. Marketing Ambiental. *In*: Congresso Virtual Brasileiro de Administração, 7., 2004. **Anais** [...]. 2004.

PORTILHO, F. **Sustentabilidade Ambiental, Consumo e Cidadania**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

SACHS, I. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2008.

SANTOS, S. E.; ANDREOLI, C. V.; SILVA, C. L. **As Organizações e o Desenvolvimento Sustentável**. 2007.

SCHENINI, P. C.; NASCIMENTO, D. T. Gestão Pública Sustentável. **Revista de Ciências da Administração**, v. 4, n. 8, p. 3 , jul./dez. 2002.

SETAC. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. **Home Page**. 2008. Disponível em: <http://www.setac.org/tampa/>>.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Ecoeficiência: Um Instrumento para a Redução da Geração de Resíduos e Desperdícios em Estabelecimentos de Saúde. **Cadernos de Saúde Pública (FIOCRUZ)**, Rio de Janeiro, 2005.

SHEN, T. **Industrial Pollution Prevention**. 1995. p. 143-161.

TAKAHASHI, F.; MORAIS, F. Avaliação do Ciclo de Vida dos Produtos: Uma Ferramenta de Controle Ambiental. *In*: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2., 2000. **Anais** [...]. 2000.

UNEP/UNIDO. **Cleaner production assessment manual**. Part one-introduction to cleaner production. 1995.

VALT, R. B. G. **Análise do Ciclo de Vida de Embalagens de PET, de Alumínio e de Vidro para Refrigerantes no Brasil Variando a Taxa de Reciclagem dos Materiais**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia)– Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. 208 p.

WERNET, G.; BAUER, C.; STEUBING, B.; REINHARD, J.; MORENO-RUIZ, E.; WEIDEMA, B. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, p. 1218–1230, 2016.