PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ

SILVIA LAUREANO MEIRELLES

QUÍMICA VERDE: A INDÚSTRIA QUÍMICA E SEUS IMPACTOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

RIO DE JANEIRO

2009

SILVIA LAUREANO MEIRELLES

QUÍMICA VERDE: A INDÚSTRIA QUÍMICA E SEUS IMPACTOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS, DA ESCOLA DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS (ÁREA DE GESTÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA).

ORIENTADORA:

PROFª SUZANA BORSCHIVER, DSC.

RIO DE JANEIRO

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Meirelles, Silvia Laureano

Química Verde: a Indústria Química e seus impactos na Indústria da Construção. Rio de Janeiro, 2009.

xv, 165p., il.

(EQ / UFRJ, M.Sc., Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, 2009)

Dissertação M.Sc. – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola de Química, 2009. Orientadora: Suzana Borschiver

1. Química Verde. 2. Construção Sustentável. 3. Indústria Química. 4. Green Building. 5. Desenvolvimento Sustentável. – Teses. I. Borschiver, Suzana (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola de Química. III. Título

CDD.

FICHA DE APROVAÇÃO

SILVIA LAUREANO MEIRELLES

QUÍMICA VERDE: A INDÚSTRIA QUÍMICA E SEUS IMPACTOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

RIO DE JANEIRO, 31 AGOSTO DE 2009.

APROVADA POR:

_____

PROFª SUZANA BORSCHIVER, D.SC. (EQ/UFRJ) - ORIENTADORA

_____

PROFª ANDREA MEDEIROS SALGADO, D.SC. (EQ/UFRJ)

_____

KÁTIA ARAÚJO ALLENDE, D.SC. (UFF)

_____

PROFª MÔNICA REGINA DA COSTA MARQUES, D.SC. (IQ/UERJ)

DEDICO ESTE TRABALHO...

A MEUS PAIS, CELSO E ELECI, PELO CONTÍNUO ESTÍMULO E APOIO,

A MEUS IRMÃOS VICTOR E PAULA, AFIRMO QUE É POSSÍVEL SONHAR,

A TODOS OS MEUS FAMILIARES, PELO CARINHO QUE SEMPRE ME DEMONSTRARAM.

AGRADECIMENTOS

AGRADEÇO ESPECIALMENTE A DEUS, PELA PRESENÇA CONSTANTE EM CADA ETAPA DESTE ÁRDUO TRABALHO. SEM O QUAL NÃO PODERIA TER CONCLUÍDO ESTA JORNADA.

AGRADEÇO MUITO À MINHA ORIENTADORA, PROFª. SUZANA BORSCHIVER, PELA DEDICAÇÃO E COMPETÊNCIA PRESTADA, SEMPRE DISPONÍVEL QUANDO NECESSITEI.

AGRADEÇO AOS DIRETORES DA EMPRESA NA QUAL TRABALHO (HAGEN DO BRASIL), ESPECIALMENTE AO NORBERTO KLECHNIOWSKY E ANDRE DYTZ, OS QUAIS CONTRIBUIRAM BASTANTE PARA O DESENVOLVIMENTO E CONCLUSÃO DESTA PESQUISA.

AGRADEÇO A UMA GRANDE AMIGA QUE CONHECI NO MESTRADO, FLAVIA MEROLA, MAIS UMA CERTEZA DO CARINHO DE DEUS NA MINHA VIDA.

AGRADEÇO A TODOS OS MEUS AMIGOS (FABÍOLA, LÍVIA, RENATA, SIMONE E TANTOS OUTROS) OS QUAIS ME INCENTIVARAM MUITO PARA A REALIZAÇÃO DESTE TRABALHO.

AGRADEÇO A DOIS EXEMPLOS DE PROFISSIONAIS E GRANDES AMIGOS, SAMUEL GHERMAN E CÉLIA FONSECA, O PRIMEIRO PELA INSPIRAÇÃO À QUÍMICA E A SEGUNDA POR ME INCENTIVAR A PENSAR GRANDE.

AGRADEÇO AOS PROFESSORES JOSÉ CONCEIÇÃO (HISTÓRIA) E SIDNEY AGUIAR (BIOLOGIA) PELA CONTRIBUIÇÃO NOS ASSUNTOS: INDUSTRIALIZAÇÃO E ECOSSISTEMA.

MENSAGEM – "VERDE"

"A PRÓPRIA EVOLUÇÃO SE ENCARREGARÁ DE MOSTRAR QUE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO E ECOLOGIA CONSTITUEM NA VERDADE, UMA COISA SÓ." (*)

(*) COSTA, LÚCIO: "ARQUITETURA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE", EM FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, PÁG. 122, RIO DE JANEIRO, 1992, "DESENVOLVIMENTO E HARMONIA COM O MEIO AMBIENTE"

RESUMO DA TESE APRESENTADA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS, DA ESCOLA DE QUÍMICA/UFRJ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.SC.).

QUÍMICA VERDE: A INDÚSTRIA QUÍMICA E SEUS IMPACTOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

SILVIA LAUREANO MEIRELLES

AGOSTO / 2009

ORIENTADORA: PROFª SUZANA BORSCHIVER, DSC.

PROGRAMA: ENGENHARIA QUÍMICA

Em decorrência do grave contexto ambiental, como o Aquecimento Global causado pela atividade humana, as empresas têm sido pressionadas a mudarem seus hábitos convencionais de produção e de desenvolvimento de produtos. Desde aproximadamente a década de 1990, a Indústria Química tem procurado adotar uma postura de redução, prevenção ou eliminação das causas dos impactos ambientais que tem gerado. Uma ferramenta poderosa para auxiliar esta filosofia tem sido a Química Verde. Da mesma forma, a Indústria da Construção também está passando por esta transição. Pioneiramente, países desenvolvidos, como os EUA, criaram sistemas de avaliação ambiental das construções, através de um selo de certificação – LEED, *Leadership in Energy and Environmental Design*. O Brasil vem adaptando à nossa realidade desde 2007, a metodologia americana de certificação, a qual recebeu o nome de *LEED Brasil*. A fim de avaliar a tendência do uso dos Princípios da Química Verde no Brasil, o presente estudo baseou-se nos dados obtidos pelo importante programa de premiação de inovações "verdes" americano da *Environmental Protection Agency* (EPA) intitulado por *Presidential Green Chemistry Challenge* (PGCC) e posteriormente realizou um cruzamento dos dados obtidos com suas aplicações na Indústria Química Brasileira. Enfim, o estudo objetiva: (i) Avaliar a tendência da Química Verde em um país desenvolvido (EUA) e compará-la com o desempenho brasileiro e (ii) Verificar se o Brasil vem inserindo este conceito para desenvolver produtos ecologicamente corretos para a Indústria da Construção. Com os dados da pesquisa foi possível observar que o Brasil, apesar de recentemente, vem aplicando os Princípios da Química Verde em suas Indústrias. Além disso, as inovações "verdes" destinadas para a Construção, de ambas as nações, estão focadas em polímeros "verdes" (plásticos, poliuretanos, adesivos, etc.) e tintas ecologicamente corretas.

ABSTRACT OF THESIS PRESENTED TO THE TEACHING BODY OF COURSE OF AFTER-GRADUATION IN TECHNOLOGY OF CHEMICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES, OF CHEMICAL SCHOOL/UFRJ, AS PARTIAL FULFILLMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (M.SC.).

GREEN CHEMISTRY: THE CHEMICAL INDUSTRY AND THEIRS IMPACTS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

SILVIA LAUREANO MEIRELLES

AUGUST/2009

ADVISOR: TEACHER SUZANA BORSCHIVER, DSC.

DEPARTMENT: CHEMICAL ENGINEERING

As a result of severe environmental context such as Global Warming caused by human activity, companies have been demanded to change their conventional habits of production and product development. Since about the 1990s, the Chemical Industry has sought to take a reduction, prevention or elimination of the causes of environmental impacts it has created. A powerful tool to help this philosophy has been the Green Chemistry. Similarly, the Construction Industry is also going through this transition. Pioneers, developed countries like the U.S., have created systems for environmental assessment of buildings, through a seal of certification - *LEED*, *Leadership in Energy and Environmental Design*. Brazil has adapted to our reality since 2007, the American method of certification, which received the name of *LEED Brazil*. To assess the trend in the use of the Principles of Green Chemistry in Brazil, this study was based on data obtained by the major program of awards for the U.S "green" innovations of Environmental Protection Agency (EPA) called Presidential Green Chemistry Challenge (PGCC), and subsequently held a crossroads of data with their applications in the Brazilian Chemical Industry. Finally, the study aims: (i) assess the trend of Green Chemistry in a developed country (U.S.) and compare it with the Brazilian performance; and (ii) verify if Brazil is using this concept to develop ecologically correct products for the Construction Industry. With the data obtained from the research, it was possible to observe that Brazil, although recently, has been applying the Principles of Green Chemistry in his industries. Furthermore, the "green" innovations designed for the construction of both nations are focused on “green” polymers (plastics, polyurethanes, adhesives, etc.) and paints environmentally correct.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **18**
CAPÍTULO I – Desenvolvimento Sustentável e Química Verde **23**
1.1 Fatos históricos que marcaram a mudança da relação do homem com a natureza **23**
1.2 A implantação do Desenvolvimento Sustentável **28**
1.3 A necessária reinvenção da Química e Indústria Química **30**
1.3.1 A Versatilidade da Indústria Química **32**
1.3.2 Alguns impactos causados pela Indústria Química **34**
1.4 A Química Verde **35**
1.4.1 Breve histórico e a Evolução da Química Verde **35**
1.4.2 Os 12 Princípios da Química Verde **39**
CAPÍTULO II - *GREEN BUILDINGS*: Alternativa Sustentável para a Construção **44**
2.1 Histórico da Construção Sustentável no Mundo e no Brasil **44**
2.2 Impactos causados pela Construção **47**
2.2.1 Benefícios Sócio-Econômicos **47**
2.2.1.1 Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) **48**
2.2.2 Impactos Ambientais Negativos **50**
2.3 Definições importantes da Construção Sustentável **52**
2.4 Construção Sustentável **54**
2.5 Ferramentas para Avaliação da Sustentabilidade da Construção **59**
2.5.1 *BREAM* **59**
2.5.2 *GBC* **60**
2.5.3 *LEED*™ **61**
2.5.3.1 Certificação *LEED*® Brasil **69**
2.6 Exemplos de *Green Building* no Brasil **72**
2.6.1 Agência do Banco Real **72**
2.6.2 Laboratório *Delboni Auriemo* **74**
2.6.3 Edifício Cidade Nova **75**
CAPÍTULO III - Produtos Ecologicamente Corretos Para Construção **77**
3.1 Exemplos de Ecoprodutos **77**
3.1.1 Concreto **78**
3.1.2 Areia Artificial **78**
3.1.3 Argamassa Ambiental **78**
3.1.4 Gesso *Dry Wall* **79**
3.1.5 Geopolímeros **79**
3.1.6 Tintas, Vernizes e Resinas **79**

3.1.7 Telha Ecológica **79**
3.1.8 Ecotijolo **80**
3.1.9 Telhado "Verde" **80**
3.1.10 Bambu **80**
3.2 Versatilidade Sustentável na Indústria da Construção **81**
3.3 A Análise do Ciclo de Vida dos Ecoprodutos **82**
3.4 Sistemas de Certificação de Produtos **84**
3.4.1 Rotulagem Ambiental **84**
3.4.2 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) **87**
3.4.3 Instituto Falcão Bauer da Qualidade **87**
3.4.3.1 Categorias do selo ecológico Falcão Bauer **88**
CAPÍTULO IV - A Metodologia Aplicada **90**
4.1 A escolha do tema **90**
4.2 A escolha do método **91**
4.3 Os momentos da pesquisa **93**
CAPÍTULO V - Análise e Discussão dos Resultados **98**
ETAPA I – Inovações Premiadas pela *Environmental Protection Agency* (EPA) **98**
5.1 Aplicações dos princípios da Química Verde viabilizando a Construção Sustentável **98**
5.2 A Tendência na utilização dos Princípios da Química Verde nas Empresas Químicas Americanas segundo as diferentes Áreas de Aplicação de suas Invenções **108**
5.2.1 Empresas Químicas Americanas premiadas **108**
5.2.2 Análise segundo a área de aplicação das Inovações "Verdes" **111**
5.2.3 Análise segundo os Princípios da Química Verde utilizados para as Inovações na Indústria da Construção **112**
5.2.4 Análise segundo as Invenções "Verdes" produzidas para a Indústria da Construção **115**
ETAPA II – Cruzamento das Inovações Americanas *vis-à-vis* a Indústria Química Brasileira **116**
5.3 Comparação da Conduta "Verde" entre as Empresas Americanas e Brasileiras frente à Indústria da Construção **116**
5.3.1 Empresas Americanas x Empresas Brasileiras **118**
5.3.1.1 Empresas Americanas: *Proctor & Gamble Company*; *Cook Composites* e *Polymers Company* **118**
5.3.1.2 Empresas americanas: *Columbia Forest Products* e *Ashland Inc*. **121**

5.3.1.3 Empresa americana: *Cargill, Incorporated* **126**
5.3.1.4 Empresa americana: *Metabolix, Inc.* **131**
5.3.1.5 Empresa americana: *Basf Corporation* **133**
5.3.1.6 Empresa americana: *Archer Daniels Midland Company* **138**
5.3.1.7 Empresa americana: *DuPont* **139**
5.3.1.8 Empresa americana: *Shaw Industries, Inc.* **141**
5.3.1.9 Empresa americana: *NatureWorks LLC* **143**
5.3.1.10 Empresa americana: *Viance* **145**
5.3.1.11 Empresa americana: *Bayer Corporation* e *Bayer AG* **147**
5.3.1.12 Empresa americana: *BioMetics, Inc.* **148**
5.4 Síntese **149**
CAPÍTULO VI - Conclusões e Sugestões **151**
6.1 Conclusões **151**
6.1.1 Aspectos gerais **151**
6.1.2 Principais observações **152**
6.2 Sugestões **157**
REFERÊNCIAS **158**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Os três pilares do Desenvolvimento Sustentável **30**

Figura 1.2 – Indústria Petroquímica **32**

Figura 1.3 – Indústria Alcoolquímica **33**

Figura 2.1 – Primeiro *Green Building* na América Latina – SP (2007) **73**

Figura 2.2 – Segundo reconhecimento de *Green Building* de São Paulo (2008) **74**

Figura 2.3 – Primeiro empreendimento certificado *LEED Core & Shell* do Rio de Janeiro (2008) **75**

Figura 3.1 - O prédio *Dynamic Tower* em Dubai **82**

Figura 3.2 – Aplicação da ACV para o produto de Construção **83**

Figura 3.3 – Tipos de Selo Verde Falcão Bauer **88**

Figura 4.1 – Exemplo de página de busca por produtos químicos brasileiros e seus fabricantes no sítio eletrônico da Abiquim **96**

Figura 5.1 – Componentes extraídos da celulose **148**

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - Estimativa da contribuição das construções para o total de emissões de carbono **51**
Gráfico 2.2 – Segmentos de atitudes entre os profissionais da Construção comparando-se a utilização dos termos "ecológico" e "sustentável" **55**
Gráfico 2.3 - Consciência e envolvimento de alguns países em relação à questão ambiental na Construção **57**
Gráfico 2.4 - Estimativas do aumento do custo de uma Construção Tradicional em relação à uma Construção Sustentável Certificada **58**
Gráfico 2.5 – Registros *LEED* no Brasil **72**
Gráfico 5.1 – Distribuição percentual das empresas americanas por áreas de aplicação das inovações verdes, segundo o PPGC. (1996-2009) **112**
Gráfico 5.2 – Destaque para as 3 áreas de aplicação mais verdes **114**

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Investimentos do PAC – 2007 a 2010 **48**
Tabela 2.2 – Os benefícios do PAC para o Brasil – 2007 a 2010 **49**
Tabela 2.3 – Investimentos no Setor da Construção nos Países Árabes (2007) **49**
Tabela 2.4 – Critérios de desempenho e questões atribuídas por categoria **60**
Tabela 2.5 – Categorias e questões consideradas pelo GBC **61**
Tabela 2.6 – Categorias e pontuação atribuída **64**
Tabela 2.7 – Níveis de Classificação LEED **69**
Tabela 3.1 – Rótulos ambientais no mundo **85**
Tabela 3.2 – Normas ISO 14000 para rotulagem ambiental **87**
Tabela 5.1 – As 70 invenções americanas, por ordem decrescente do ano de suas criações (2009 até 1996); as respectivas aplicações e os princípios da Química Verde que foram utilizados para cada invenção. **99**
Tabela 5.2 – As 54 empresas americanas X Princípios da Química Verde X Áreas de aplicação **109**
Tabela 5.3 – Áreas de aplicação x Princípios da Q.V. **113**
Tabela 5.4 – Conduta "Verde" Americana segundo o Programa de Premiação da EPA. **117**
Tabela 5.5 – Fabricantes brasileiros de resinas alquídicas **119**
Tabela 5.6 – Alguns fabricantes brasileiros de adesivos **122**
Tabela 5.7 – Fabricantes brasileiros de poliuretano **127**
Tabela 5.8 – Fabricantes brasileiros de tintas e preparações químicas auxiliares **134**
Tabela 5.9 – Fabricantes brasileiros de poliéster **140**
Tabela 5.10 – Comparação entre as inovações verdes americanas e brasileiras **149**

LISTA DE SIGLAS

ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACQ – *Alkaline Copper Quaternary*

ACS – *American Chemical Society*

ACV - Análise de Ciclo de Vida

ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

BREAM - *Building Research Establishement Assessment Method*

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

CCA – *Chromated Copper Arsenate*

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral

CIC – Comissão da Indústria da Construção

CMMAD - Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento

COV's - Compostos Orgânicos Voláteis

EEE - Eficiência Energética em Edifícios

EPA – *Environmental Protection Agency*

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

FUNDEC – Fundação para Formação Contínua em Engenharia Civil

GBC – *Green Building Council*

GCI – *Green Chemistry Institute*

GEE - Gases do Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Eológica

IFBQ – Instituto Falcão Bauer da Qualidade

INCA – *Interuniversity Consortiun Chemistry for the Environmental*

INT - Instituto Nacional de Tecnologia

IPCC - Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

ISO – *International Organization for Standardization*

IUPAC – *Union for Pure and Aplied Chemistry*

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

LPP – Lei de Prevenção a Poluição

MEK – Metil Etil Cetona

MIT - *Massachssets Institute of Technology*

OMC - Organização Mundial do Comércio

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PGCC – *Presidential Green Chemistry Challenge*

PHA - Polihidroxialcanoato

PIB - Produto Interno Bruto

PLA – Ácido Poliláctico

PNUD - Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas

PU – Poliuretano

PVC – Cloreto de Polivinila

Q.V. – Química Verde

RSC – *Royal Society of Chemistry*

SEE – Síndrome do Edifício Enfermo

UE - União Européia

USGBC – *United State Green Building Council*

WBCSD - *World Business Council for Sustainable Development*

WGBC – *World Green Building Institute*

WRI - *World Resources Institute*

WWF - *World Wildlife Fund*

WWI – *Worldwatch Institute*

INTRODUÇÃO

O contexto ambiental do mundo está cada vez mais crítico. As alterações no clima estão afetando de forma crescente o modo como as empresas estabelecem seus planejamentos estratégicos, seja porque têm de enfrentar novos riscos, seja porque viram oportunidades ou estão sofrendo pressões de consumidores e governos. Enfim, as organizações não podem mais ignorar completamente a questão ambiental.

No Brasil, este quadro não é diferente. Devido ao Aquecimento Global, causado principalmente pelas atividades humanas, os setores da economia estão tendo que mudar suas práticas até então utilizadas. A Indústria Química é um exemplo desta mudança através da tendência da utilização dos Princípios da Química Verde para o desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos.

A onipresença dos produtos da Indústria Química e a sua essencialidade em qualquer atividade humana, desde tratamento de água e esgotos, até a produção e distribuição de alimentos, a preservação e recuperação da saúde e o lazer, a Construção Civil, a produção metal-mecânica e as tecnologias de informação permitem que este setor econômico seja considerado um dos mais importantes. (GALEMBECK, 2007)

Outro setor impactante e que também está mudando seus hábitos é a Construção. A Cadeia da Construção possui grande importância sócio-econômica, visto que são envolvidos vários outros setores, gerando emprego, melhoria de infra-estrutura, etc. O Brasil, em 2007, anunciou o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), como iniciativa que veio a comprovar a atuação deste setor como uma poderosa alavanca para o desenvolvimento do Brasil.

Aliado a isto, a utilização das práticas de *Green Buildings* originada nos países desenvolvidos possibilita a aplicação dos Princípios da Química Verde para o desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos destinados a Indústria da Construção.

Alguns exemplos de sistemas de Certificação de *Green Buildings* existentes no mundo são: BREAM (*Building Research Establishement Environmental Assessment Method*), GBC (*Green Building Challenge*) e LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). No Brasil está sendo adaptado desde 2007 o sistema americano LEED Brasil. Tal ferramenta é fundamental quando se deseja construir de maneira sustentável, pois garante que todas as etapas da obra sejam avaliadas segundo os Princípios "Verdes".

Enfim, os caminhos para inovação "verde" passam por uma gestão mais eficaz dos processos de produção e consumo e tem impulsionado a Cadeia da Construção a se organizar para promover melhorias. A criação de produtos ecologicamente corretos para a Indústria da Construção se faz necessária e a produção mais limpa leva as organizações a um maior ganho de competitividade.

Objetivos do estudo:

O objetivo do trabalho é a realização de uma análise da tendência da utilização dos Princípios da Química Verde nas Empresas Químicas Brasileiras, principalmente para a produção de materiais ecologicamente corretos consumidos pela Indústria da Construção. Esta Indústria pode ser ferramenta para o avanço econômico e social no Brasil e no mundo, contribuindo para a concretização do Desenvolvimento Sustentável e para o fortalecimento do Setor de *Green Buildings*.

Essa análise gera uma **comparação das empresas químicas americanas e brasileiras produtoras de "ecoprodutos" para a Construção.** Essa comparação se dá em 2 etapas: a **Etapa I** concentra-se na pesquisa de empresas americanas "verdes", baseando-se nos dados do programa de premiação de inovações da *Environmental Protection Agency* (EPA) intitulado por *Presidential Green Chemistry Challenge* (PGCC). Posteriormente, na **Etapa II** realiza-se o cruzamento dos dados obtidos na primeira etapa com suas aplicações na Indústria Química Brasileira.

Realizou-se, para este propósito, um estudo caracterizado como **pesquisa aplicada**, pois visa responder questões sobre a tendência da aplicação de princípios da Química Verde na Indústria Química americana vis-à-vis a brasileira, no tocante ao desenvolvimento de produtos ecológicos destinados à Construção. O estudo também se caracteriza como **exploratório-descritivo,** uma vez que analisa a aplicação da Química Verde exercida pela Indústria Química, possibilitando direcionamento para ações futuras, ao mesmo tempo em que descreve o processo a partir do uso de técnica padronizada para análise das tendências das empresas químicas brasileiras.

Um objetivo complementar é a busca de novos dados e pesquisas no campo da Química Verde, devido à dificuldade e a carência de informações, pois embora seja um método que em termos gerais, tenha apresentado um grande desenvolvimento nos últimos anos, a disponibilidade de dados encontra-se bem dispersa.

Houve também a busca constante de dados em várias revistas técnicas, livros e artigos pertinentes à Química Verde e suas diversas aplicações. Outras ferramentas de pesquisa acessadas foram sítios eletrônicos especializados disponíveis na *Internet*, como o da *Environmental Protection Agency* (EPA), *Green Chemistry*, *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), Sociedade Brasileira de Química (SBQ), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e vários outros.

Organização do estudo:

Este estudo está dividido em 6 capítulos:

Além desse que introduz ao estudo, o **Capítulo I** apresenta um panorama dos fatos históricos que marcaram a mudança da relação do homem com a natureza no mundo e no Brasil. Tais acontecimentos conduzem a humanidade à implantação de um novo sistema de governo mundial: o **Desenvolvimento Sustentável**.

Ainda no Capítulo I é abordada uma ferramenta bastante útil para a Indústria Química: a **Química Verde**, no sentido de auxiliar o fortalecimento da sustentabilidade ambiental. Este Capítulo finaliza com a conceituação dos **12 Princípios da Química**

Verde, destacando a importância singular de cada um como meta imprescindível a ser trilhada quando se deseja desenvolver inovações tecnológicas de maneira consciente.

No **Capítulo II** é feita uma abordagem sobre os *Green Buildings* - alternativa sustentável para a Construção. Tendo em vista o crítico contexto ambiental, este capítulo expõe os impactos causados pela Construção, à luz dos 3 pilares do Desenvolvimento Sustentável – econômico, ambiental e social. O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) é considerado, neste estudo, como exemplo brasileiro dos benefícios sócio-econômicos provenientes da atuação da Cadeia da Construção (*Construbusiness*) em contrapartida os impactos ambientais gerados por esta atividade também são impactantes.

Ainda no Capítulo II é conceituada a "nova" forma de se construir: a Construção Sustentável. Em seguida são apresentadas as ferramentas para avaliação da sustentabilidade da Construção, como por exemplo: *BREAM* (*Building Research Establishement Assessment Method*); *GBC* (*Green Building Challenge*) e o *LEED* (*Leadership in Energy and Environmental Design*). No Brasil é destacado o sistema de avaliação da sustentabilidade adaptado da ferramenta americana, o *LEED Brasil.* Por fim são exibidos 3 exemplos pioneiros de *Green Buildings* no Brasil: a Agência do Banco Real, o Laboratório Delboni Auriemo e o Edifício Cidade Nova.

No **Capítulo III** é abordado **Produtos Ecologicamente Corretos para a Construção**, sendo eles: concreto, areia e argamassa formados a partir resíduos; tintas, vernizes e resinas de fontes naturais e de baixa emissão de COV's (Compostos Orgânicos Voláteis); telha ecológica; telhado "verde"; utilização de bambu como alternativa barata e de rápida reprodução, se comparado com árvores de grande porte; gesso Dry Wall, Ecotijolo e Geopolímeros são exemplos de produtos ecológicos por utilizarem substâncias e/ou processos naturais e limpos.

Este Capítulo III também apresenta uma ferramenta para auxiliar no processo de desenvolvimento de produtos ecológicos e na preocupação ambiental: a ACV (Análise do Ciclo de Vida). Além disso, são exibidos 3 Sistemas de Certificação de Produtos: o da União Européia (EU); da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Instituto Falcão Bauer da Qualidade (IFBQ).

No **Capítulo IV** apresenta-se a **Metodologia** utilizada para desenvolver o presente trabalho.

O **Capítulo V** apresenta a **Análise e Discussão dos Resultados** e está dividido em 2 etapas: na **Etapa I** utiliza-se o estudo **exploratório-descritivo** e tem como principal fonte de pesquisa o programa de premiação americano da EPA: *Presidential Green Chemistry Challenge* (PGCC) e para a **Etapa II** foi utiliza-se a **pesquisa aplicada**, através do cruzamento das inovações americanas obtidas na primeira etapa com suas aplicações nas Indústrias Químicas Brasileiras.

O **Capítulo VI** faz uma retrospectiva do trabalho, apresentando as **conclusões finais**. Confrontam-se os resultados alcançados com a teoria utilizada, sugerindo também **futuros estudos** e desdobramentos do assunto.

Além dos capítulos descritos anteriormente de forma resumida, compõem, ainda, a presente Dissertação de Mestrado as **Referências** utilizadas ao longo da mesma.

CAPÍTULO I

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E QUÍMICA VERDE

Será apresentado a seguir um panorama dos fatos históricos que marcaram a mudança da relação do homem com a natureza no mundo e no Brasil. Tais acontecimentos demonstram gradativamente a implantação de um novo sistema de governo mundial: o **Desenvolvimento Sustentável**.

Também será exposto como a **Química Verde** é uma ferramenta bastante útil para a Indústria Química, no sentido de auxiliar o fortalecimento da sustentabilidade ambiental. Finalmente, serão exibidos os **12 Princípios da Química Verde**, com destaque para a importância singular de cada um como meta imprescindível a ser trilhada quando se deseja desenvolver inovações tecnológicas de maneira consciente.

1.1 Fatos históricos que marcaram a mudança da relação do homem com a natureza

- ✓ **... Século XVIII:**

Em termos mundiais, até o século XVIII, a relação entre o homem e a natureza era de subsistência, isto é, ele desfrutava da terra em busca de sua própria alimentação e moradia, como forma apenas de sobrevivência, não havendo até então, sistema econômico implantado (REYNAUD, 2005).

✓ Século XVIII:

A Revolução Industrial[1] (séc. XVIII - 1780) transformou a relação de subsistência. O homem passou a ser fator de considerável importância nas transformações sobre a Terra, principalmente com a invenção da máquina, fazendo com que a exploração dos recursos naturais e o crescimento da produtividade da mão-de-obra aumentassem em mais de cem vezes (REYNAUD, 2005).

O crescente processo de industrialização, apesar de ter representado um marco para a evolução econômica mundial, resultou em um grande problema ambiental, pois os recursos naturais passaram a ser utilizados como se fossem infinitos, não havendo preocupação com os impactos causados pelas atividades industriais (GOMES, 2006).

✓ Século XIX:

Este período foi marcado pela difusão da industrialização no mundo, porém não havia consciência ambiental. O meio empresarial era dominante e focava apenas em lucro e consumo. Ainda não havia a preocupação com o meio ambiente.

✓ Século XX: 1950

A melhoria da qualidade de vida, resultante do desenvolvimento industrial, acarretou em um grande aumento da população mundial. Segundo Marcondes (2005), o número de habitantes mundial que era de 500 milhões em 1690, cresceu para 2,5 bilhões em 1950.

No Brasil, este acelerado progresso econômico destacou-se em 1950, na chamada Era Vargas[2]. Nesta mesma época, a questão da escassez dos recursos naturais agravou-se, uma vez que as políticas de governo ainda mantinham-se bem distantes de uma consciência ambiental.

---

[1] Revolução Industrial: o primeiro país a instalar máquinas a vapor foi a Inglaterra, no final do século XVIII. No século XIX, a industrialização se espalhou pela Europa, EUA e Japão. No Brasil, nossa indústria se afirmou no começo do século XX. (SCHMIDT, 2005)

[2] Getúlio Vargas investiu pesado em siderurgia e energia, e posteriormente Juscelino Kubitscheck adotou uma política de desenvolvimento ainda mais arrojada, a qual ficou conhecida como “Cinqüenta anos em cinco”. (FAUSTO, 1995)

✓ Século XX: 1950 – 1960

A partir da década de 50, o meio **acadêmico** manifestou-se através dos **ambientalistas** e iniciou-se um processo de estudo e pesquisa sobre as questões ambientais e sua ligação à perpetuação da vida sobre o planeta.

Desta forma, nasceu a idéia de Ecossistema[3] e Teoria Geral dos Sistemas[4] (REYNAUD, 2005). Ainda nesta época, de acordo com Marcondes (2005), surgiram também as associações pioneiras de proteção ambiental[5].

✓ Século XX: 1960 - 1970

A década de 60, segundo Patrício (2005), foi marcada mundialmente pela publicação do livro de Rachel Carson, intitulado "*Silent Spring*" [6] em 1962. Esta publicação marcou o surgimento de um movimento ecológico, baseado em uma literatura que expressava a percepção dos limites do progresso e dos riscos associados à exploração desmedida dos recursos naturais das sociedades industriais.

Outra característica a ser destacada desta década, conforme Reynaud (2005) foi o conflito de interesses entre **desenvolvimentistas** - que visavam incrementar economicamente a atividade humana -; contrariando os **preservacionistas** - os quais buscavam restringir tal atividade.

✓ Século XX: 1970 - 1980

A partir da década de 70, a movimentação ambiental alcançou o patamar dos **governantes**, ocorrendo em 1972 a **Conferência de Estocolmo**[7], na Suécia, sobre Meio Ambiente. Este ano passou a ser considerado como o ano em que o direito ambiental passou a

---

[3] **Ecossistema:** os ecólogos admitem que a natureza funciona como um sistema auto-regulável capaz de reorganizar-se quando alterado, buscando o equilíbrio entre os seus componentes. O ecossistema é formado pela reunião dos seres vivos com o ambiente físico. Os seres vivos formam a comunidade, enquanto os fatores do ambiente físico constituem o biótopo. (MACHADO, 2005)

[4] **Teoria Geral dos Sistemas:** surgiu com os trabalhos do biólogo austríaco *Ludwig Von Bertalanffy*, publicados entre 1950 e 1968, permitindo reconceituar os fenômenos em uma abordagem global, a inter-relação e integração de assuntos que são, na maioria das vezes, de natureza completamente diferentes. (BERTALANFFY, 1950)

[5] A criação da FBCN - Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza - é um exemplo do surgimento das associações pioneiras de proteção ambiental no Brasil. Ela foi criada em 1958, no Rio de Janeiro, sendo a primeira organização ambientalista a conseguir criar e manter uma presença nacional. Vários de seus associados eram homens capazes de influir diretamente em medidas governamentais de proteção da natureza. (ALMEIDA, 2002)

[6] Obra da bióloga *Rachel Luoise Carson*, que pela primeira vez denunciava ao mundo leigo a contaminação do meio ambiente por resíduos tóxicos decorrentes do uso de pesticidas químicos. (MARCONDES, 2005)

[7] A Conferência de Estocolmo contou com a presença de representantes de 113 países, 250 organizações não governamentais e dos organismos da ONU. Foi considerado um marco histórico-político internacional decisivo para o surgimento de políticas de gerenciamento ambiental. (ALMEIDA, 2002)

ser reconhecido como ramo jurídico[8]. A Conferência de Estocolmo teve o grande mérito de alertar o mundo para os malefícios que a deteriorização do ecossistema poderia causar à humanidade como um todo (JUNGSTEDT, 2002).

Junto a estas marcantes transformações governamentais, ainda na década de 70, surgiram as normas internacionais. Elas foram criadas com a finalidade de equilibrar a proteção ambiental e a prevenção da poluição de acordo com as necessidades socioeconômicas.

Conforme Silva *et al.* (2004), entre as diversas normas internacionais de gestão *ISO - International Organization for Standardization* –, encontra-se a ISO 14000[9], a qual se aplica à Gestão Ambiental.

✓ Século XX: 1980 - 1990

A década de 80 foi marcada por uma série de conferências mundiais sobre o tema do Meio Ambiente e teve como momento marcante o ano de 1983. Este foi o ano em que a Assembléia Geral das Nações Unidas pediu ao seu secretário geral que indicasse uma "Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento" (CMMAD), para elaborar um relatório a respeito do Desenvolvimento e do Meio Ambiente, em termos mundiais. A presidência desta comissão ficou a cargo da senhora Gro. Harlem Brundtland[10], então Primeira Ministra da Noruega (GUERRA *et al.*, 2007).

No Brasil, esse relatório, conhecido como ***"Relatório Brundtland"***, foi publicado em 1987 sob o título: "Nosso Futuro Comum" [11]. A partir deste acontecimento, surgiu o conceito de **Desenvolvimento Sustentável**, definido da seguinte maneira: **"Aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades"**. (MARCONDES, 2005)

---

[8] Apesar de ser considerado um marco, diversos tratados importantes a respeito do tema já haviam sido assinados anteriormente e também legislações internas de diversos países já haviam se ocupado com problemas ambientais, tais como: a matéria florestal, água e outros. (MARCONDES, 2005)

[9] Estas normas contêm requisitos técnicos sobre gestão ambiental que podem ser auditados para fins de certificação, registro e/ou autodeclaração.

[10] Nascida em Oslo, em 20 de abril de 1939. Primeira mulher a chefiar um governo na Noruega (foi primeira-ministra aos 42 anos em 1981, e entre 1986 e 1996) e um partido político (o Social-Democrata dos Trabalhadores, de 1981 a 1992). Ministra do Meio Ambiente aos 35 anos (1974). Primeira médica a assumir a direção-geral da Organização Mundial da Saúde (1988-2003). Disponível em: http://www.ideiasocioambiental.com.br/revista_conteudo.php?codConteudoRevista=255

[11] Fonte: Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso Futuro Comum*. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

✓ Século XX: 1990 - 2000

Na década de 90 houve um consenso mundial da necessidade de preservação do meio ambiente. Em 1992, representando um marco da visão ambiental, houve uma Conferência Internacional no Rio de Janeiro (**ECO-92** ou **RIO-92**) com a participação de 179 chefes de Estado. Nesta Conferência foi elaborado um documento intitulado **Agenda 21**[12], onde os países se comprometiam em prezar pelo Desenvolvimento Sustentável.

Apesar dos avanços ambientais obtidos - **no governo e no meio acadêmico** -, ainda na década de 90, a conscientização ambientalista empresarial era muito tímida - a dimensão ambiental era vista como um mal necessário. No máximo se submetiam aos controles estabelecidos pelo poder público. As empresas mais pressionadas pela mídia e sociedade civil buscavam tomar "banhos de verde", isto é, recorriam rapidamente à estratégia de especialistas em *marketing*. (ALMEIDA, 2002).

Com o objetivo de despertar o setor empresarial, foi criado o *Responsible Care*[13]. Um Programa para melhorar o desempenho da indústria em relação ao meio ambiente, à segurança e à saúde do trabalhador.

No Brasil, em 1992, a ABIQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química) batizou este programa de ***"Programa de Atuação Responsável"***. Dessa forma, desde 1998, os associados da ABIQUIM, tiveram que, obrigatoriamente, aderir ao Programa para permanecer na entidade. (ALMEIDA, 2002)

Cinco anos mais tarde, em 1997, foi realizada no Rio de Janeiro, uma convenção especial da ONU, a **"Rio +5"**. Esta convenção foi criada com a finalidade de avaliar os avanços ambientais após a Rio-92. Porém, os resultados não foram muito otimistas, conforme pode ser observado a seguir:

- a população mundial aumentou em 450 milhões de pessoas, agravando o já dramático problema dos assentamentos humanos;
- a Floresta Amazônica perdeu 2 milhões de hectares a cada ano e a da Sibéria 4 milhões de hectares;
- o compromisso assumido em 1992 pelos países industrializados - em não aumentar suas emissões de gases até o ano 2000 e reduzí-las aos níveis de 1990 - não foi cumprido, e o que se viu foi um aumento de cerca de 10%; e
- o desemprego passou a tomar o cenário mundial.

---

[12] Plano de ação estratégico, para tentar promover - em escala planetária - novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Disponível em: < http://www.mma.gov.br>

[13] Programa criado em 1985 pela *Canadian Chemical Producers Association*. Disponível em: www.abiquim.org.br

Em virtude dos péssimos resultados[14] obtidos, o cumprimento das promessas e metas traçadas pelos países, para a execução da Agenda 21 não foram alcançados.

- ✓ **Século XXI:**

Após 10 anos da Rio-92, em 2002, ocorreu a **"Rio +10"**[15]. Este evento contou com mais de mil presidentes e diretores de grandes empresas. Todos se reuniram no chamado *Business Day* - encontro organizado pela *Business Action for Sustainable Development.*

Na ocasião, a ONU recomendou formalmente que as parcerias entre governos e organizações não-governamentais envolvessem também as empresas (REYNAUD e MARCONDES, 2005).

Dessa forma, foi a partir do século XXI, que se iniciou uma singela ligação dos três poderes – **Acadêmico, Governamental e Empresarial** – em prol da implantação de uma nova política de governo, a qual possibilitasse a coexistência de: desenvolvimento econômico, proteção ambiental e atendimento às necessidades sociais.

1.2 A implantação do Desenvolvimento Sustentável

Existem algumas definições para o termo **Desenvolvimento Sustentável**. Uma das mais simples e difundidas é de autoria de Lester Brown, do *Worldwatch Institute* (WWI)[16], o qual diz: "Desenvolvimento sustentável é progredir sem diminuir as perspectivas das gerações futuras".

---

[14] Dados retirados do Boletim Informativo – **Desenvolvimento Urbano & Meio Ambiente**. Editado pela Universidade Livre do Meio Ambiente, Curitiba, 1997, p.3. (*In* O Estado de S. Paulo, 7 de outubro de 1997, p. A-2).

[15] A "RIO +10" também conhecida como Cúpula Mundial do Desenvolvimento Sustentável foi realizada pela Conferência das Organizações das Nações Unidas (ONU) em Johannesburgo, África do Sul. (MARCONDES, 2005)

[16] Uma das maiores e mais respeitadas organizações internacionais voltadas para a pesquisa do ecossistema. Disponível em: <www.worldwatch.org.br>

Uma outra definição defendida pelo Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS[17] é a seguinte:

> "Desenvolvimento sustentável significa adotar estratégias de negócio que atendam às necessidades da organização, do ser humano, da comunidade, ao mesmo tempo em que mantenham os recursos naturais para as próximas gerações".

A definição de Pontes & Bezerra em "Organizações Sustentáveis" é:

> "Descobrir e utilizar uma nova consciência que nos permita progredir em todas as dimensões ecológicas (humana, social, econômica e ambiental), apoiando, conservando e restaurando todos os recursos que o planeta coloca à nossa disposição para as futuras gerações."
> (*In* Guimarães, 2008).

O economista Ignacy Sachs (2005) define que:

> "Não pode se limitar unicamente aos aspectos sociais e sua base econômica, ignorando as relações complexas entre o porvir das sociedades humanas e a evolução da biosfera; na realidade, estamos na presença de uma co-evolução entre dois sistemas que se regem por escalas de tempo e escalas espaciais distintas".

O Desenvolvimento Sustentável não trata somente da redução do impacto da atividade econômica no meio ambiente, mas principalmente das conseqüências dessa relação na qualidade de vida e no bem-estar da sociedade, tanto presente quanto futura.

A figura 1.1 a seguir ilustra o conceito de Desenvolvimento Sustentável, com destaque para a inter-relação equilibrada dos três pilares: ambiental, social e econômico. Quando estes três pilares coexistem de forma a respeitar seus limites, torna-se possível a chamada Sustentabilidade (S).

[17] Este Conselho é uma coligação de altos executivos de 145 empresas líderes mundiais, voltadas para a excelência ambiental e princípios do desenvolvimento sustentável. Disponível em: <http://www.cebds.org.br/cebds/pub-wbcsd.asp>.

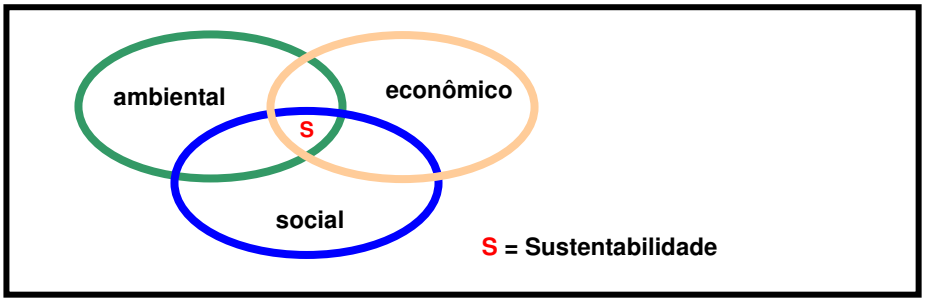


Figura 1.1 – Os três pilares do Desenvolvimento Sustentável

Fonte: Elaboração própria.

Após o panorama histórico ambiental do mundo e do Brasil torna-se clara a necessidade da reinvenção da Indústria Química, visto que esta atividade apesar de trazer para o homem benefícios econômicos e sociais, também contribui para os sérios impactos ambientais, como: emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COV's), utilização de matérias-primas tóxicas, geração de produtos tóxicos, sínteses químicas sob condições extremas de temperatura e pressão, etc.

No tópico a seguir será abordada a necessária reinvenção da Química e da Indústria Química, contribuindo para o estabelecimento do Desenvolvimento Sustentável.

1.3 A necessária reinvenção da Química e Indústria Química

Entende-se o termo **reinvenção**, como a necessidade de sobrevivência e crescimento que a Indústria Química, vista como um organismo vivo encontra-se forçada pelo ambiente[18], à aplicação de novos processos, desenvolvimento de novos produtos, surgimento de novas empresas e operação de novas formas de gestão das já existentes. (WONGTSCHOWSKI, 2002)

Dados da literatura e do meio industrial informam que a Indústria Química possui grande fatia de mercado: ela está entre os dois maiores setores industriais do **mundo**, disputando com o setor de semicondutores, equipamentos e materiais de tecnologia da informação. Além disso, dados[19] de faturamento líquido, relativos a 2007, demonstram que os

[18] A imposição do ambiente é fruto dos seguintes poderes: (i) **comunidade civil -** influencia a política ambiental e o comportamento social da empresa; (ii) **fornecedores** e **clientes -** moldam o processo produtivo e os produtos de cada empresa; e (iii) **empregados** - limitam e influenciam a ação dos executivos. (WONGTSCHOWSKI, 2002)
[19] Dados retirados do sítio eletrônico da Abiquim: www.abiquim.org.br acessado em julho/2009.

países que possuem as maiores empresas químicas são, pela ordem, os Estados Unidos, China, Alemanha e Japão. Além disso, os valores dos ativos[20] da Indústria Química e dos seus gastos[21] são elevadíssimos.

No Brasil[22], a Indústria Química também possui papel importante na economia, ocupando a 9ª posição no ranking mundial, estando na frente da Rússia, Índia e de países que sediam empresas importantes, como a Bélgica, Holanda, Finlândia e Suíça.

Indicadores[23] econômicos comprovam esta posição, como por exemplo: o 2º lugar no setor industrial – com 12% do PIB da indústria de transformação, depois da indústria de alimentos e bebidas (com 16,3%); a contribuição de o setor químico ser da ordem de 3,1% do PIB (em 2008); o expressivo crescimento do faturamento líquido a partir de 2002 e o ganho em exportação[24] no valor de US$11,9 bilhões em produtos químicos em 2008.

Toda esta poderosa influência na economia é explicada pela onipresença dos produtos da Indústria Química e pela sua essencialidade em qualquer atividade humana, desde tratamento de água e esgotos, até a produção e distribuição de alimentos, a preservação e recuperação da saúde e o lazer, a Construção Civil, a produção metal-mecânica e as tecnologias de informação. (GALEMBECK, 2007)

---

[20] Em 2005, o valor das entregas da indústria norte-americana atingiu US$549 bilhões, alcançando US$ 189 bilhões na Alemanha, US$122 no Japão e superando globalmente a marca do trilhão de dólares. (GALEMBECK, 2007)

[21] Várias empresas globais têm gastos de P&D superiores a US$ 1 bilhão por ano, entre elas a Dow, BASF, DuPont e Bayer.

[22] Mais informações sobre a Indústria Química brasileira podem ser obtidas através do sítio eletrônico da Abiquim: www.abiquim.gov.br

[23] Dados extraídos do sítio eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): www.ibge.gov.br

[24] Fonte: Sistema Aliceweb – MDIC/Secex.

1.3.1 A Versatilidade da Indústria Química

Um exemplo da versatilidade da Indústria Química pode ser demonstrado através da análise de 2 cadeias distintas para obtenção de produtos químicos orgânicos, com destaque para a petroquímica (**ver figura 1.2**) e a alcoolquímica (**ver figura 1.3**).

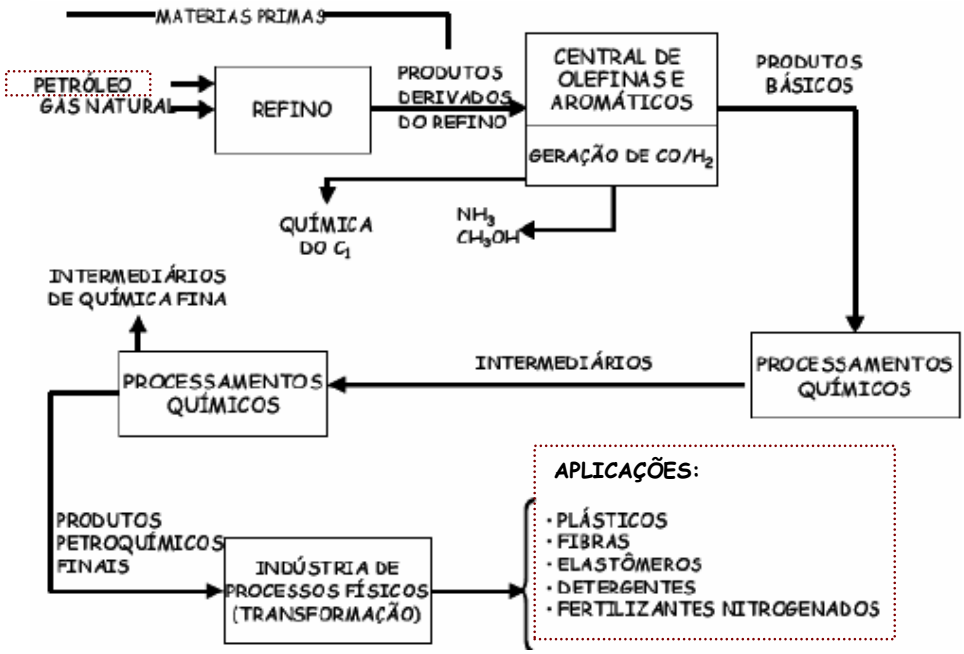
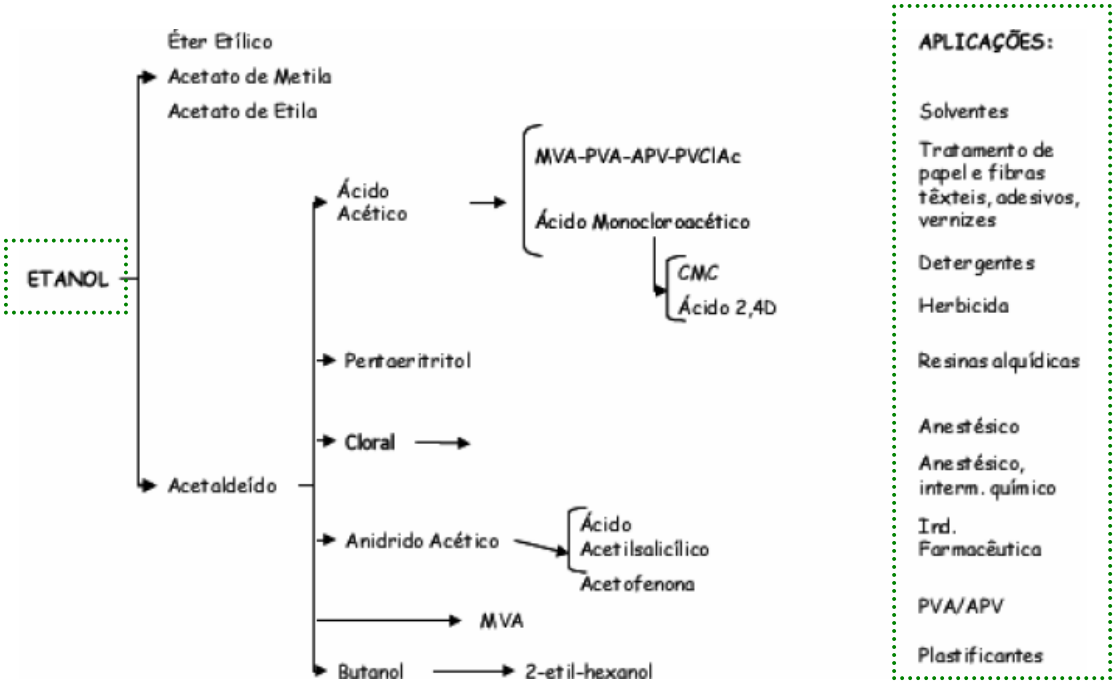


Figura 1.2 – Indústria Petroquímica

Fonte: Antunes, 2007.

Destacam-se algumas características: **(i)** a fonte de matéria-prima da Indústria Petroquímica é o petróleo (matéria-prima fóssil); **(ii)** o petróleo é uma fonte tóxica e geradora de perigosas emissões; **(iii)** trata-se de uma fonte não-renovável e **(iv)** apesar de os produtos finais obtidos desta rota possuírem grande importância para o mercado consumidor e por sua vez, para a economia mundial, eles causam sérios impactos ambientais negativos, além de danos à saúde.



Legenda:

MVA – Acetato de Vinila Monômero

PVA – Acetato de Polivinila

PVC / AC – Acetato de Potássio / Anidrido Acético

CMC - Carboximetilcelulose

Figura 1.3 – Indústria Alcoolquímica

Fonte: Antunes, 2007

Em contra partida, a figura 1.3 permite colocações do tipo: **(i)** a fonte de matéria-prima desta rota é o álcool, obtido com sucesso brasileiro a partir da cana-de-açúcar - considerada como biomassa -; **(ii)** esta fonte é atóxica; **(iii)** a cana-de-açúcar é renovável e **(iv)** alguns dos produtos finais obtidos desta rota são os mesmos da indústria petroquímica, contribuindo da mesma forma à economia, porém destacam-se as vantagens de seus produtos serem inócuos ao meio ambiente e não causarem danos à saúde.

Uma outra afirmação colocada por Schuchardt *et al.* (2001) vêm ao encontro das análises realizadas anteriormente. Eles defendem que a **biomassa**, além de ser uma alternativa renovável, também reduz a poluição, já que é formada a partir de CO_2 e H_2O.

Além disso, os referidos autores fazem as seguintes considerações: uma tonelada de biomassa[25] corresponde a aproximadamente 2,9 barris de petróleo; o Brasil precisa de cerca

[25] O valor calorífico médio do petróleo é igual a 10.000kcal/kg e a biomassa base seca é equivalente a 4.000kcal/kg .

de 1.800.000 barris de petróleo por dia ($90x10^6$ toneladas de petróleo por ano). Toda essa **demanda brasileira** poderia ser suprida por $225x10^6$ toneladas de biomassa por ano. Levando-se em conta que no **mundo são produzidas** cerca de $100x10^9$ toneladas de biomassa por ano, e que a produção anual no Brasil é da ordem de $21x10^9$ toneladas de biomassa, **seria necessário somente 1% da biomassa produzida anualmente no Brasil para substituir o petróleo**, **o que não afetaria a produção de alimentos**, **nem significaria devastação ou qualquer outra forma de agressão às florestas**.

1.3.2 Alguns impactos causados pela Indústria Química

Ainda em relação à Indústria Química, apesar de contribuir para o avanço econômico e para o desenvolvimento de um país, ela também **gera inúmeros inconvenientes**, como: a formação de subprodutos tóxicos; a contaminação do ambiente; a produção de grandes volumes de efluentes tóxicos gerados por vários processos químicos; o Aquecimento Global, etc.

O **Aquecimento Global** é resultado do aumento da emissão de gases poluentes na atmosfera. Os gases poluentes ou Gases do Efeito Estufa (GEE), como também são chamados, são: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorcarbono, perfluorcarbono e o hexafluorcarbono de enxofre. Os GEE formam uma camada espessa, de difícil dispersão, causando o Efeito Estufa[26]. Este fenômeno ocorre, pois, estes gases absorvem grande parte da radiação infravermelha refletida pela Terra, refletindo radiação térmica.

Uma importante estratégia foi elaborada a fim de frear o Aquecimento Global no mundo: o **Protocolo de *Kyoto***. Esta estratégia foi estabelecida em uma conferência sobre mudanças climáticas em 1997, no Japão. Esta Conferência teve como objetivo a **redução da emissão de gases por países industrializados** e contava com a adesão de no mínimo 55% dos países responsáveis pela emissão dos gases nocivos, isto é, na redução dos níveis de emissão dos GEE em 5% em comparação com os níveis de 1990. Porém, somente em fevereiro de 2005 foi implantado, através da adesão da Rússia[27], segundo maior emissor de gases nocivos ao Efeito Estufa.

---

[26] O Efeito Estufa é uma conseqüência da emissão de gases poluentes de diferentes fontes (atividade humana): agropecuária, queimadas, depósito de lixo, indústrias, refinarias e transportes. Extraído da Coletânea Salve o Planeta do Jornal O Globo – Volume: AQUECIMENTO GLOBAL – 2007.

[27] A Rússia só assinou o acordo do Protocolo de *Kyoto* quando descobriu que a sua adesão permitiria moeda de troca para conseguir ingresso na Organização Mundial do Comércio (OMC).

Em suma, considerando-se a necessidade de um contínuo desenvolvimento econômico, social e ambiental sustentáveis, com vistas à manutenção e melhoria da qualidade de vida de todos, torna-se imperiosa uma nova conduta química para o aprimoramento de técnicas e metodologias. Em fim, torna-se evidente que os Princípios da Química Verde operem como ferramenta poderosa para alavancar a sustentabilidade do sistema de produção industrial. (BOSCHEN, 2003)

1.4 A Química Verde

Desde aproximadamente a década de 1990, a Indústria Química tem procurado adotar uma postura de redução, prevenção ou eliminação das causas dos impactos ambientais que tem gerado. Uma ferramenta poderosa para auxiliar esta filosofia tem sido a **Química Verde**, a qual foi definida por Anastas e Warner (1998) como: **"A criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente".**

1.4.1 Breve histórico e a evolução da Química Verde

Em 1991, após a Lei de Prevenção à Poluição (LPP)[28] dos EUA, a agência ambiental norte-americana *Environmental Protection Agency* (EPA)[29], através de seu escritório para prevenção de poluição, lançou seu programa "Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção de Poluição"[30]. Em 1993, com a inclusão de outros tópicos como solventes ambientalmente corretos e compostos inócuos, houve a expansão e renomeação deste programa, que a partir de então adotou oficialmente o nome de Química Verde.

Alguns anos depois, em 1995, foi instituído pelo Governo americano o programa de premiação ***Presidential Green Chemistry Challenge*** (PGCC)[31], com o objetivo de premiar inovações tecnológicas que pudessem vir a ser implementadas na indústria para a redução da

[28] Esta foi a primeira e única lei que focou na prevenção da poluição, ao invés do típico tratamento e remediação. Através desta lei, a EPA tentou se associar com a indústria para encontrar métodos mais flexíveis e economicamente viáveis não somente nas regras já existentes, mas também prevenindo a poluição na sua origem. (ANASTAS e WARNER, 1998)
[29]Um grande número de informações pode ser conseguido no sítio eletrônico da EPA: http://www.epa.gov/greenchemistry, acessado em junho de 2009.
[30] Linha de financiamento para projetos de pesquisa que incluíssem a prevenção de poluição em suas rotas sintéticas.
[31] A leitura analítica das pesquisas geradas por este programa permitiu à autora da presente pesquisa, a geração da fonte principal de dados para desenvolvimento do Capítulo V.

produção de resíduos, em diferentes setores da produção. Anualmente são premiados trabalhos em **5 categorias,** conforme a seguir:

(i) Acadêmico;
(ii) Pequenos Negócios;
(iii) Rotas Sintéticas Alternativas;
(iv) Condições Alternativas de Reação e
(v) Desenhos de Produtos Químicos mais seguros.

Em 1993, na Itália, foi estabelecido o Consórcio Universitário Química para o Ambiente (*Interuniversity Consortium Chemistry for the Environment*, INCA)[32], com o intuito de reunir pesquisadores envolvidos com as questões químicas e ambientais para a disseminação dos princípios e tópicos de interesse da química mais limpa ou ambientalmente correta.

Em 1997 foi criado o Instituto de Química Verde (*Green Chemistry Institute*, GCI) que, desde 2001, tem parceria com a Sociedade Americana de Química (*American Chemical Society*, ACS). Outra importante instituição, a Sociedade Britânica de Química (*Royal Society of Chemistry*, RSC) lançou em 1999 o periódico *Green Chemistry*, com um índice de impacto bastante relevante (4.192 periódicos em abril de 2009).

Neste mesmo período, em 2001, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (*International Union for Pure and Applied Chemistry*, IUPAC) aprovou a criação do Sub-Comitê Interdivisional de Química Verde e em 2006 organizou a segunda Conferência Internacional em Química Verde / Sustentável na Índia. Em 2004, dentro da Série de textos *Green Chemistry* da IUPAC / INCA foi editado o livro "*Química Verde en Latinoamerica*" (TUNDO, 2004).

[32] Todos os anos, o INCA promove a Escola Internacional de Verão em Química Verde, a qual conta com a participação de estudantes de áreas relacionadas à química de mais de vinte países. (LENARDÃO *et al*., 2003)

No **Brasil**, segundo Sanseverino (2000), os conceitos da Química Verde começaram a ser difundidos mais recentemente, seja no meio acadêmico, governamental ou industrial. O grupo de Síntese Orgânica Limpa do Instituto de Química e Geociências da Universidade Federal de Pelotas (RS) criou a WWVerde, página na *Internet* (http://www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde/) com informações sobre a Química Verde.

Nesta mesma direção, no início de 2006, o Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos promoveu a sua 26ª Escola de Verão, que teve como foco a Química Verde e contou com a participação de pesquisadores e palestrantes[33] nacionais e internacionais de renome neste campo.

Em janeiro de 2007 foi realizada, no Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP), a primeira Escola de Verão em Química Verde, e em novembro deste mesmo ano, ocorreu o primeiro *Workshop* Brasileiro sobre Química Verde, em Fortaleza, onde foi anunciada a instalação da ***Rede Brasileira de Química Verde***[34]**, a qual pretende ser o elemento institucional de promoção das inovações tecnológicas para as empresas nacionais, com o apoio da comunidade científica e o suporte das agências governamentais**.

Além disso, pesquisas brasileiras em Química Verde têm sido publicadas em revistas internacionais, como a *Green Chemistry*. Determinadas áreas merecem destaque em suas pesquisas, quais sejam:

(i) Desenvolvimento de catalisadores sólidos - apresentam grande vantagem na sua reutilização com o objetivo de aumentar o rendimento da reação e diminuir a formação de subprodutos.

Uns dos pesquisadores brasileiros que atuam na área de catálise são: Dalmo Mandelli – PUC de Campinas; Ulf Schuchardt – Universidade Estadual de Campinas e Jairton Dupont – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

[33] **(1)** "*Metabolic Engineering, Biosynthesis and Biotransformation*", **Prof. R. Verpoorte**, *Leiden University, Netherlands*; **(2)** "*Ionic Liquids as Green Solvents: Progress and Prospects*", **Prof. Robin Rogers**, *University of Alabama, Tuscaloosa-AL, USA* e **(3)** "*Microwave Assisted-Organic Synthesis*", **Dr. Rajender S. Varma**, *US Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH-USA*.

[34] Esta Rede é coordenada pelo professor José Oswaldo Carioca (UFC) e vice-coordenada pelo professor Caetano Moraes (UFRJ).

(ii) Estratégias para o desenvolvimento de sistemas de fluxo seqüencial - para a diminuição do uso de reagentes, através do seu tratamento e reciclagem *on-line*.

Uns dos pesquisadores brasileiros que atuam na área de análises em fluxo são: Fábio Rocha – Universidade de São Paulo (USP); Joaquim Nóbrega – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Orlando Fatibello – UFSCar.

(iii) Modificação de produtos comerciais - tornando-os substancialmente menos tóxicos[35].

(iv) Ancoramento de substâncias quelantes em matrizes sólidas - para a remoção de contaminantes de solventes.

Uns dos pesquisadores brasileiros que atuam na aplicação de substâncias quelantes são: Cláudio Airoldi – Universidade Estadual de Campinas; Alexandre Prado – Universidade de Brasília e Luiza Arakaki – Universidade Federal da Paraíba.

(v) Modificação de procedimentos sintéticos - para o aumento do rendimento das reações.

Um dos pesquisadores brasileiros que atua na modificação de procedimentos sintéticos é: Antonio Sanseverino – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e o Centro de Pesquisa da Petrobras (CENPES).

(vi) Eliminação de solventes orgânicos - usados durante o processo de produção.

Uns dos pesquisadores brasileiros que atuam na eliminação de solventes orgânicos são: Cláudio Airoldi – Universidade Estadual de Campinas; Alexandre Prado – Universidade de Brasília.

[35] Para maiores informações acessar o sítio eletrônico: http://chemweb.com/alchem/articles/1022229043944.html

1.4.2 Os 12 Princípios da Química Verde

As pesquisas enumeradas anteriormente e tantas outras estão sendo desenvolvidas globalmente no ramo da química, com a finalidade de se utilizar esta ciência como uma ferramenta para implantação e difusão do Desenvolvimento Sustentável no mundo.

Basicamente, há 12 tópicos que precisam ser perseguidos quando se pretende aplicar a química verde em uma indústria ou instituição de ensino e/ou pesquisa na área da Química. Então, os 12 Princípios da Química Verde são:

1) Prevenção:

"Prevenir a formação de resíduos é melhor e menos dispendioso que a remediação ou tratamento a posteriori dos mesmos." (ANASTAS et al., 1998)

A partir do momento em que se investe em tecnologias mais limpas de produção, não há necessidade de investimentos pesados no tratamento de resíduos, que nem sempre resolve satisfatoriamente o problema.

2) Economia de Átomos[36]:

"Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final." (TROST, 1991)

Verifica-se a eficácia da reação através da divisão do peso molecular do produto desejado pelo obtido da soma de todas as substâncias produzidas nas equações estequiométricas envolvidas no processo. Sínteses[37] que envolvem reações com boa economia de átomos (adição, rearranjos, reações envolvendo catálise e biocatálise) são chamadas de síntese verde; quando reações de baixa incorporação de átomos no produto final estão envolvidas (substituição, eliminação, reações estequiométricas de uma maneira geral), tem-se uma síntese marrom.

Sheldon (2007) identifica uma outra ferramenta para avaliar a eficiência de uma reação, utilizada a nível industrial, o chamado *fator E*, definido como a razão entre a soma das massas dos produtos secundários e a massa do produto desejado, levando em consideração

[36] Conceito formulado na década de 1990 por Trost e Sheldon.
[37] *In* Cann e Connelly, 2000.

todas as substâncias utilizadas na reação, incluindo-se os solventes (exceto água) e a parcela de reagentes não convertidos. Quanto maior o valor do *fator E*, maior a massa de rejeito gerada e menos aceitável o processo, do ponto de vista ambiental.

3) Reações com compostos de menor toxicidade:

"Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao meio ambiente." (PRADO, 2003)

Warner *et al*. (2004) afirmam que a incorporação de materiais menos perigosos nas sínteses orgânicas pode ser considerada como o coração da Química Verde.

4) Desenvolvimento de compostos seguros:

"Os produtos químicos deverão ser desenvolvidos para possuírem a função desejada, apresentando a menor toxicidade possível." (PRADO, 2003)

Lenardão (2003) acredita que os princípios 3 e 4 podem ser considerados complementares, pois envolvem tanto a toxicidade dos reagentes quanto dos produtos envolvidos em um processo.

5) Diminuição do uso de solventes e auxiliares:

"A utilização de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, agentes secantes, etc.) deverá ser evitada quando possível ou usadas inocuamente no processo." (PRADO, 2003)

Muitas reações utilizam grandes quantidades de solventes orgânicos, que são frequentemente tóxicos e nem sempre sua utilização é viável economicamente. Muitas vezes esses solventes são descartados na água, no ar e no solo, poluindo o ambiente. Entretanto, um grande esforço está sendo feito no sentido de substituir solventes orgânicos convencionais por solventes verdes, como fluidos super críticos, líquidos iônicos à temperatura ambiente, hidrocarbonetos perfluorados e água. Alternativamente, as reações também podem ser

efetuadas na ausência de solventes, o que também é bastante desejável quando se busca a redução de resíduos. (LENARDÃO, 2003)

6) Eficiência energética:

"Os métodos sintéticos devem ser conduzidos sempre que exeqüível à pressão e temperatura ambientes, para diminuir a energia gasta durante um processo químico que representa um impacto econômico e ambiental" (PRADO, 2003)

Um dos desafios para os químicos e engenheiros químicos é o desenvolvimento de novas reações que possam ser efetuadas de maneira a minimizar o consumo de energia. Uma opção é substituir o aquecimento convencional por fontes de energia alternativas, como as microondas e o ultrassom. (VARMA *et al.*, 1997 e 1998)

7) Uso de substâncias renováveis:

"Sempre que técnica e economicamente viável, a utilização de matérias-primas renováveis (biomassa) deve ser escolhida em detrimento de fontes não-renováveis." (ANASTAS, 1998)

A síntese de qualquer produto começa com a seleção do material de partida e, em muitos casos, esta escolha pode ser o fator mais importante a determinar o impacto ambiental de um dado processo de manufatura.

8) Evitar a formação de derivados:

"A derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos." (PRADO, 2003)

Idealmente, uma síntese deve levar à molécula desejada a partir de materiais de partida de baixo custo, facilmente obtidos, de fonte renovável, em uma única etapa, simples e ambientalmente aceitável, que se processe rapidamente e em rendimento quantitativo. Além disso, o produto precisa ser separado da mistura da reação com 100% de pureza. Obviamente esta situação ainda é muito difícil de conseguir. (WENDER *et al.*, 1997)

9) Catálise:

"Os reagentes catalíticos, tão seletivos quanto possível, são superiores aos reagentes estequiométricos." (DUPONT, 2000)

O desenvolvimento, nos últimos anos, de catalisadores altamente seletivos e efetivos em transformações complexas e difíceis de serem previstas até então, aproximou as pesquisas à chamada "síntese ideal". Em geral, reações que utilizam catalisadores heterogêneos são mais limpas, mais seletivas e, como há possibilidade de reciclar e reutilizar o catalisador por várias vezes, há, invariavelmente, vantagens econômicas.

10) Desenvolvimento de compostos degradáveis:

"Idealmente, deve-se dar origem a compostos que sejam degradados a produtos inócuos, logo após cumprirem a sua função." (ANASTAS, 1998)

O ambiente natural do Planeta Terra é constituído por ciclos ecológicos, onde o resíduo de um processo torna-se fonte alimentadora de outro. No passado, os materiais eram projetados para terem características robustas e resistentes aos ciclos de degradação, com o objetivo de atender às exigências dos consumidores, por um material durável. Porém, várias áreas ao redor do Planeta estão saturadas de materiais não degradáveis o que causa grande impacto ambiental. Dessa forma, a Química Verde atua como uma ferramenta para criação de materiais biodegradáveis.

11) Análise em tempo real para a prevenção da poluição:

"Será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas." (ANASTAS, 1998)

O uso dos princípios da Química Verde no desenvolvimento de novas técnicas e metodologias de monitoramento é de fundamental importância para reduzir os impactos ambientais decorrentes de análises químicas, em atividades de manufatura, pesquisa ou regulação, de instituições públicas ou privadas. (ZUIN, 2009)

12) Química segura para a prevenção de acidentes:

"As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios." (Mc CREED, 1999)

Solventes conhecidos como líquidos iônicos têm sido propostos e avaliados por vários grupos de pesquisa em Química Verde. Tais líquidos apresentam pressão de vapor muito baixa, sendo virtualmente não-voláteis à temperatura ambiente, e têm sido utilizados com vários propósitos como, por exemplo, solventes alternativos em sínteses ou ainda como substitutos de solventes orgânicos explosivos, reduzindo a possibilidade de acidentes. (WARNER, 2004)

Finalmente, com base na visão mundial pautada nos princípios do Desenvolvimento Sustentável, o mundo vem caminhando para uma nova economia, na qual os cidadãos precisam desde a sua educação primária tomar ciência das urgências que as próximas gerações esperam.

A Química Verde, neste sentido, funciona como um instrumento facilitador da reinvenção da Indústria Química. Esta por sua vez, sendo desenvolvida de forma consciente, isto é, alicerçada no tripé da sustentabilidade proporcionará invenções tecnológicas mais saudáveis.

CAPÍTULO II

GREEN BUILDINGS:
ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO

Inicialmente serão abordados alguns fatos históricos importantes da Construção Sustentável no Mundo e no Brasil. Em seguida serão destacados os benefícios sócio-econômicos gerados pela Indústria da Construção. Em contrapartida serão comparados tais benefícios com os impactos causados por uma Construção sem visão sustentável.

Também será observado que a viabilidade para uma Construção Sustentável requer mudança radical dos hábitos construtivos, isto é, novos produtos, novas tecnologias, redução do desperdício, planejamento da obra, reciclagem e preocupação com a sociedade de um modo geral, o que contribuirá para que a Construção atue de maneira relevante à diminuição dos impactos ambientais.

2.1 Histórico da Construção Sustentável no Mundo e no Brasil

De acordo com Patrício (2005): os dois mais antigos edifícios "verdes" datam do século XIX: o Palácio de Cristal em Londres e a *Galleria Vittorio Emanuele* em Milão. Ambos usavam sistemas de *design* "verde", tais como ventiladores de telhado e câmaras subterrâneas de ar frio.

Mais tarde, em 1973, com a crise do Petróleo[38], iniciou-se uma discussão sobre edifícios energeticamente mais eficientes. O desafio era superar a crise do petróleo através de prédios que consumissem menos energia.

Foi a partir da década de 90 que surgiu o termo *Green Building*. Tratava-se de empreendimentos que utilizassem alta tecnologia para reduzir os impactos negativos causados pela Construção ao meio-ambiente, promovendo benefícios sociais, econômicos e ambientais, durante todo o processo de concepção, execução e operação da atividade da Construção.

[38] Países exportadores de petróleo subiram abruptamente o preço de seus produtos, forçando o Ocidente a encontrar opções para seu abastecimento (PATRICIO, 2005).

Segundo Kibert (1994), em 1993 foi criado o ***United State Green Building Council*** **(USGBC)**. Primeiro Conselho sobre Construção Sustentável dos **Estados Unidos**, onde foi discutido o futuro da Construção, no contexto da sustentabilidade. No ano seguinte à criação do USGBC, foi realizada a primeira conferência americana sobre *Green Building*.

A partir desta conferência foram estabelecidos 6 princípios para serem atendidos durante o processo de Construção, conforme a seguir: **(1)** minimizar o consumo de recursos; **(2)** maximizar a reutilização dos recursos; **(3)** utilizar recursos renováveis e recicláveis; **(4)** proteger o ambiente natural; **(5)** criar um ambiente saudável e não tóxico; **(6)** fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído.

Após 3 anos do estabelecimento dos princípios citados anteriormente, ocorreu o Primeiro Encontro sobre Construção Sustentável na **Finlândia**. Nações desenvolvidas, as maiores consumidoras de energia, tiveram de repensar suas estratégias de produção e estilo de vida. A busca por maior eficiência energética tornou-se um imperativo em todos os setores da economia, incluindo as Construções, que demandavam grandes quantidades de energia para iluminação, funcionamento e sistemas de calefação e refrigeração, por exemplo. (ARAÚJO, 2005)

Mundialmente, em 1999, agentes chaves do Setor da Construção, isto é, desde utilizadores e empreiteiros, aos projetistas definiram uma Agenda 21 para Construção Sustentável. Esta Agenda foi uma estratégia para a adequabilidade do Setor às metas propostas pelos países envolvidos e mais um indício da conscientização mundial do Setor da Construção à respeito do Desenvolvimento Sustentável.

Em 2002, foi realizado em **Oslo**, o Congresso Mundial de Edifícios Sustentáveis (*Sustainable Building – SB*). Tal evento recebeu 1.000 participantes de 68 países, entre os quais estava Portugal, para discutirem o conceito de sustentabilidade na Construção.

Com uma visão mais renovada, as **Universidades de Portugal**, e o Instituto Superior Técnico, que possuía disciplinas neste domínio, através do Fundec (Fundação para Formação Contínua em Engenharia Civil), efetuaram cursos sobre avaliação e projeto da Construção Sustentável, para o setor empresarial. (PINHEIRO, 2003)

Enquanto isso, no **Brasil**, o início da disseminação do conceito de Construção Sustentável ocorreu apenas em 2007 através da criação do **CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável)**. O CBCS foi o resultado da articulação entre lideranças empresariais, pesquisadores, consultores e profissionais atuantes. Este Conselho objetiva induzir o Setor da Construção a utilizar práticas sustentáveis, que venham melhorar a qualidade de vida dos usuários, dos trabalhadores e do ambiente que cerca as edificações.

Outro marco importante da presença da Construção Sustentável no Brasil também em 2007 foi a criação do **GBC Brasil (*Green Building Council Brasil*)**. O GBC Brasil nasceu com o objetivo de desenvolver a Indústria da Construção Sustentável no país, utilizando as forças de mercado para conduzir a adoção de práticas de *Green Building* em um processo integrado de concepção, implantação, construção e operação de edificações e espaços construídos.

Após 1 ano de sua criação o GBC Brasil participou do Congresso Internacional do ***World Green Building Council*** **(WGBC)**. A presença brasileira neste congresso, no qual 30 países discutiram práticas para o desenvolvimento da Construção Sustentável, demonstrou a consciência brasileira para a concretização das metas estipuladas mundialmente para a concretização do Desenvolvimento Sustentável.

Ainda em 2008, o GBC Brasil participou da 16ª Feira Internacional da Indústria da Construção, realizada em São Paulo. O evento contou com a participação de 160 mil visitantes de todo o Brasil e do exterior. Nesta Feira a Sustentabilidade foi o tema de maior destaque. Foram abordados o conceito de *Green Building*, a estrutura e funcionamento do próprio GBC Brasil, além dos conceitos para certificação e categorias existentes.

Neste mesmo ano (2008), o GBC Brasil realizou o I Seminário de Construção Sustentável e Certificação *Green Building* no Brasil. Os participantes vieram de vários estados, como Rio de Janeiro, Pernambuco, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Neste seminário foram apresentados 2 *cases* de obras certificadas. O Banco Real, primeira Construção Sustentável da América do Sul, foi apresentado pelo arquiteto Roberto Oranje, e o *case* de ampliação do CENPES / Petrobras, a maior obra sustentável em execução do Brasil, foi apresentado pelo arquiteto Siegbert Zanettini, responsável pela elaboração do projeto que tem conclusão prevista para 2010.

Em **Salvador**, em junho de 2008, autoridades renomadas do cenário político nacional, Deputados Federais, Ministros, Senadores, Governadores e Prefeitos, representantes do GBC Brasil, especialistas em meio ambiente e líderes comunitários formataram uma carta de

soluções com propostas ecologicamente corretas para tornar as cidades brasileiras um exemplo na preocupação com a sustentabilidade e a qualidade de vida dos cidadãos.

2.2 Impactos causados pela Construção:

Segundo Pinheiro (2006) o Setor da Construção oferece grande contribuição sócio-econômica, com uma forte incidência no volume de emprego, contribuição para o PIB e formação bruta do capital fixo, tendo ainda um efeito de participação apreciável nas restantes áreas econômicas. Porém, precisa muito reavaliar os seus impactos ambientais gerados durante todo o ciclo da Construção.

2.2.1 Benefícios Sócio-Econômicos:

Quando o projeto de uma construção ganha vida em um canteiro de obras, inicia-se um processo de encadeamento de atividades produtivas de vários setores econômicos, como por exemplo: Industrial, Logístico, Saneamento, Energia Elétrica e etc. A Indústria da Construção permite a melhoria destes setores e consequentemente o desenvolvimento de cada um. Esta atuação facilita o desenvolvimento sócio-econômico de um país, através do aumento da oferta de empregos e da melhoria da qualidade de vida da população.

Em termos técnicos, no meio dos negócios, este ciclo de setores envolvidos pela Indústria da Construção é conhecido por ***Construbusiness***. Este termo foi estabelecido, em 1996, pela Comissão da Indústria da Construção (CIC) da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), cujo objetivo era analisar a cadeia produtiva deste setor no Brasil.

A seguir, será abordado um programa brasileiro, desenvolvido em 2007 pelo Governo Federal, com o objetivo de alavancar o crescimento sócio-econômico do país através da Indústria da Construção.

2.2.1.1 Programa de Aceleração do Crescimento (PAC):

O **Brasil** é o segundo maior canteiro de obras do planeta, ficando atrás apenas da China. Um exemplo desta importância foi a criação do **Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)** em 2007 estabelecido estrategicamente pelo governo federal brasileiro. (BETING, 2008)

O objetivo principal deste programa foi promover um grande desenvolvimento sustentável para o Brasil. Consistiram em investimentos pesados em infra-estrutura para o desenvolvimento econômico e social do país, com previsão de investimentos até 2010 de um total de R$ 503 bilhões, nas áreas de transporte, energia, saneamento, habitação e recursos hídricos.

Na tabela 2.1, pode-se mensurar os investimentos nos 3 diferentes setores de infra-estrutura, sendo eles: Logística, Energia e Social / Urbano.

Tabela 2.1 – Investimentos do PAC – 2007 a 2010

	LOGÍSTICA	**ENERGIA**	**SOCIAL / URBANO**
INVESTIMENTOS (BILHÕES R$)	58,3	274,8	170,8

Fonte: Dados do Portal do Governo Brasileiro – em nov./2008

Na tabela 2.2 a seguir observam-se os inúmeros benefícios dos investimentos do PAC para o Brasil no período de 2007 a 2010.

Tabela 2.2 – Os benefícios do PAC para o Brasil – 2007 a 2010

BENEFÍCIOS	NÚMEROS
Construção, adequação, duplicação e recuperação de:	45.000 km de estrada 2.518 km de ferrovias
Ampliação e melhoria de:	12 portos 20 aeroportos
Geração de energia elétrica:	Mais de 12.386 MW
Construção de linhas de transmissão	13,826 km
Instalação de unidades de refino e petroquímicas	4 unidades
Construção de gasodutos	4.526 km
Instalação de usinas de produção de Biodiesel	46 unidades
Instalação de usinas de produção de etanol	77 unidades
Investimento em habitação[39]	R$ 106,3 bilhões
Água e coleta de esgoto	22,5 milhões de domicílios
Infra-estrutura hídrica	23,8 milhões de pessoas

Fonte: Elaboração própria

Um exemplo da grandeza da Indústria da Construção, no **mundo**, pode ser notado através de um estudo realizado pela Câmara de Comércio Árabe Brasileira, em missão no Golfo Arábico em 2007. Esta Câmara destacou o Setor de Construção como sendo um dos mais promissores, com perspectivas de investimentos de até US$ 1 trilhão nos próximos anos (2008 – 2010).

Na tabela 2.3 observam-se alguns dos investimentos já realizados nos principais países árabes no setor construtivo.

Tabela 2.3 – Investimentos no Setor da Construção nos Países Árabes (2007)

PAÍSES	INVESTIMENTO (US$)	EMPREENDIMENTO
Kuwait	11 bilhões	Setor da Construção em geral
Catar	49 bilhões	Um aeroporto e oito hotéis de luxo
Dubai	9,7 bilhões	Parque de diversões *Dubailand* e Ilhas privadas no formato do mapa-mundi

Fonte: Elaboração própria. Dados do site: www.desenvolvimento.gov.br

[39] Este investimento beneficiará 4 milhões de famílias.

2.2.2 Impactos Ambientais Negativos

Apesar dos benefícios sócio-econômicos observados anteriormente, a Indústria da Construção é responsável por muitos problemas ambientais, como: o aquecimento global, a emissão de CO_2, alto consumo de energia, alto consumo de água, geração de resíduos sólidos, dentre outros.

Dados da revista técnica *"Tem Construção"* de 2008, relatou que a Construção consome 50% dos recursos naturais extraídos da natureza, além de gerar de 50% a 70% do volume de resíduos sólidos urbanos. A operação dos edifícios consome algo em torno de 50% do montante da energia gerada.

Uma afirmação de Fernando Almeida, presidente executivo do CEBDS (Comitê Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável) e um estudo do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (PNUD) vieram a corroborar com os dados da revista ora citada, a respeito do impacto ambiental causado pelo Setor da Construção. Segundo eles, o setor responde, no mundo, por 40% da energia consumida e por 35% das emissões de carbono.

Além disso, outro estudo realizado em 2006, pelo professor Dr. Vanderlei M. John, do departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP, com o apoio da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), identificou fortes impactos causados pela Construção, conforme a seguir:

(a) A geração de resíduos da Construção é equivalente a 500kg/habitante.ano, quantidade superior ao do lixo urbano;

(b) A queima de combustíveis fósseis durante: a produção de materiais voltados para construção, como por exemplo: aço, cal, cerâmica e cimento; e durante o transporte de materiais e uso de edifícios, acaba gerando carbono.

(c) A emissão de CO_2 através da decomposição do calcário (produto utilizado na Construção) gera os seguintes números: 1000kg de calcário gera 440kg de CO_2.

(d) Os edifícios consomem 50% da energia elétrica, usam 21% da água, impermeabilizam o solo e contaminam a água através da lixiviação de espécies químicas perigosas.

Outros 2 tipos de impactos ambientais são apontados pelo CBCS (2007), quais sejam: **(i)** Os canteiros de obras são geradores de poeira e ruído, além de causarem erosões que prejudicam os sistemas de drenagem; **(ii)** A utilização de madeira extraída ilegalmente, além de comprometer a sustentabilidade das florestas representa séria ameaça ao equilíbrio ecossistêmico.

Um importante estudo realizado em 2008 pelo GBC Portugal, intitulou-se por Relatório Fatos e Tendências - Eficiência Energética em Edifícios (EEE). Tal estudo analisou a contribuição do total de emissões de carbono ao meio ambiente, proveniente das construções de 5 países desenvolvidos (França, Alemanha, Espanha, EUA e Japão) e de 3 países em desenvolvimento (Brasil, China e Índia). A seguir, o gráfico 2.1 mostra claramente este dado.

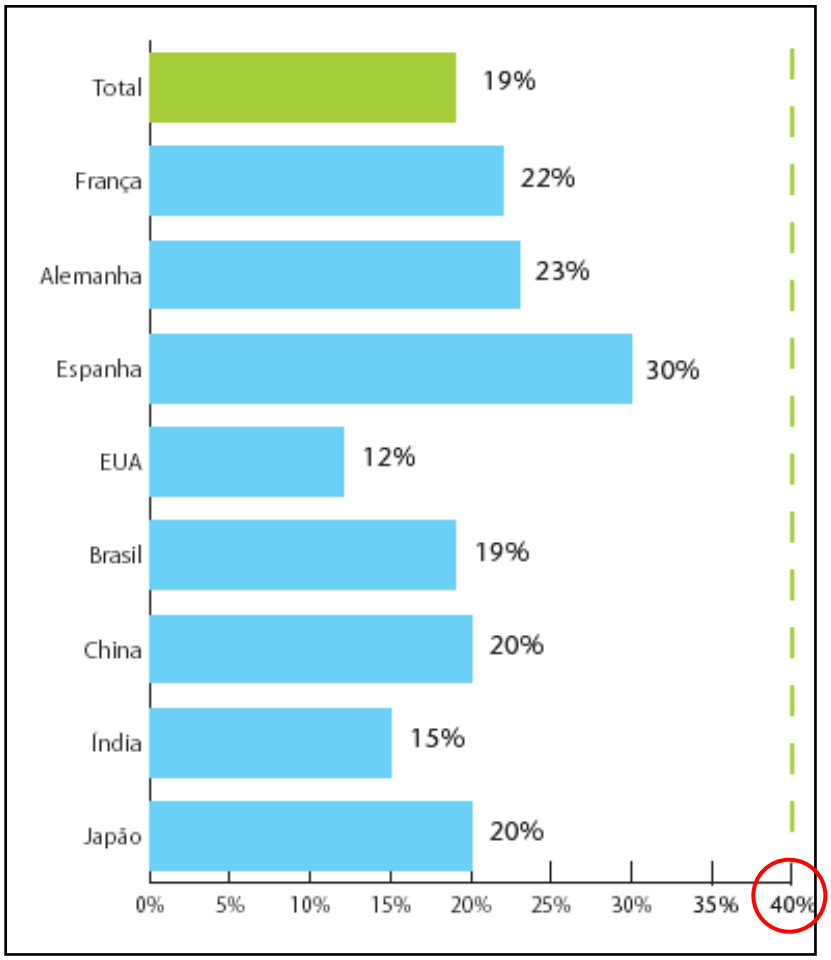


Gráfico 2.1 - Estimativa da contribuição das construções para o total de emissões de carbono

Fonte: Relatório Fatos e Tendências - Eficiência Energética em Edifícios (EEE) – 2008.

O gráfico anterior permite algumas observações sobre os fatos e as tendências da eficiência energética em Construções no mundo. Inicialmente este estudo considerou que **40% das emissões mundiais são geradas pelo setor da Construção**. Desses 40%, os países desenvolvidos são os que mais contribuem, como: a Espanha (30%), seguido da Alemanha (23%) e França (22%). Japão, Brasil e China estão na média mundial de emissão de CO_2 à atmosfera. Já os EUA e a Índia estão a baixo da média, isto é, o setor da Construção desses últimos não contribui tão intensamente para o aquecimento global, quando comparado com Espanha, Alemanha e França.

Realmente nota-se que o crescimento sustentado passa necessariamente pela Cadeia da Construção, porém, cabe aos governantes mundiais articularem uma nova visão para a Construção, com maior preocupação com as futuras gerações.

2.3 Definições importantes da Construção Sustentável

Antes de entrar propriamente no contexto da Construção Sustentável faz-se necessária algumas definições. Tais definições serão destacadas a seguir, conforme Marcio Araújo, consultor técnico do IDHEA (Instituto para o Desenvolvimento de Habitação Ecológica)[40].

A seguir 9 definições importantes de tecnologias sustentáveis aplicadas na Indústria da Construção Sustentável:

(a) Construção com materiais sustentáveis industriais: refere-se às construções edificadas com *ecoprodutos fabricados industrialmente*, adquiridos prontos, com tecnologia em escala, atendendo a normas, legislação e demanda do mercado. Esta construção é mais viável para áreas de grande concentração urbana, já que são inseridas dentro do modelo sócio-econômico vigente e porque o consumidor/cliente tem garantias claras, desde o início do tipo de obra que estará recebendo.

(b) Construção com resíduos não-reprocessados (*Earthship*): consiste na utilização de resíduos de origem urbana com fins construtivos, tais como garrafas PET, latas, cones de papel acartonado, etc. Comum em áreas urbanas ou em locais com despejo descontrolado de resíduos sólidos, principalmente onde a comunidade deve improvisar soluções para prover a si mesma a habitação. Um dos exemplos mais notórios de *Earthship* são as favelas. No entanto,

[40] Este Instituto merece destaque, pois foi implantado com o intuito de divulgar os conceitos sustentáveis, através da conscientização de pessoal engajado neste setor.

também pode ser um modelo criativo de *Autoconstrução*, com o uso destes mesmos resíduos a partir de concepções de *Ecodesign* (projeto sustentável).

(c) Construção com materiais de reuso (demolição ou segunda mão): esse tipo de construção incorpora produtos convencionais descartados e prolonga sua vida útil, evitando sua destinação para aterros sanitários ou destruição por processos perigosos (como queimas ou descartes). Requer pesquisa de locais para compra de materiais, o que limita seu alcance e caráter universal. Este tipo de construção só pode ser considerado sustentável pelo prolongamento da vida dos materiais reutilizados, uma vez que estes, em geral, não têm origem sustentável.

(d) Construção alternativa: utiliza materiais convencionais disponíveis no mercado, com funções diferentes das originais. É um dos modelos principais adotados em comunidades carentes ou sistemas de *Autoconstrução*. Exemplos: aquecedor solar com peças de forro de PVC como painel para aquecimento de água.

(e) Construção natural: é o sistema construtivo mais ecológico, portanto, mais próximo da própria natureza, uma vez que respeita o entorno; usa materiais disponíveis no local da obra ou adjacências (terra, madeira, etc.); utiliza tecnologias sustentáveis de baixo custo (apropriadas) e desperdiça o mínimo de energia em seus processos. Exemplos: tratamento de efluentes por plantas aquáticas, energia eólica por moinho de vento, bombeamento de água por carneiro hidráulico, blocos de adobe ou terra palha, *design* solar passivo. É um método adequado principalmente para áreas rurais ou para áreas que permitam boa integração com o entorno, onde haja pouca dependência das habitações vizinhas e das redes de água, luz e esgoto construídas pelo poder público. O planejamento avançado deste sistema, que também se insere nos princípios da *Autoconstrução*, também é conhecido como *Permacultura*.

(f) Autotecnologia: tecnologia desenvolvida pelo próprio morador e/ou comunidade, com aplicação no próprio local.

(g) Autoconstrução: Sistema construtivo em que o próprio morador e/ou comunidade constroem sua habitação, com ou sem a ajuda de um profissional da área.

(h) Síndrome do Edifício Enfermo (SEE): Patologia catalogada pela OMS (Organização Mundial da Saúde) cuja ocorrência se dá em prédios e edifícios com má ventilação e baixa dispersão de poluentes internos (gás carbônico, fumaça de cigarro e automóvel, emissão e acúmulo de Compostos Orgânicos Voláteis). Considera-se que um edifício está "enfermo" quando cerca de 20% de seus moradores ou usuários apresentam sintomas semelhantes como: irritação nasal e ocular, problemas respiratórios e mal-estares em geral.

(i) Permacultura: neologismo estabelecido pelo australiano *Bill Mollinson* a partir da aglutinação das palavras perma(nente) e (agri)cultura. Trata-se de uma visão sustentada e integrada do meio ambiente, na qual a economia humana deve surgir e estruturar-se a partir da agricultura.

Tais definições referem-se a "tecnologias limpas" para se construir. Nota-se, na essência de tais tecnologias, a tendência por práticas mais simples, o reuso de materiais anteriormente descartados, o foco em recursos naturais.

2.4 Construção Sustentável

Conforme Almeida (2002), por ser uma atividade importante para a dimensão econômica e social, a Construção também deve incluir a demanda ambiental, deixando de ser uma das emissoras principais de CO_2 e de rejeitos danosos, para se transformar em um referencial em geração de energia limpa e na área de reciclagem.

Dessa forma, pioneiramente, os países desenvolvidos vêm buscando criar critérios que foquem a redução ou solução dos impactos ambientais gerados pela construção através do conceito conhecido como *Green Building*. No caso dos países em desenvolvimento, essa tendência também vem sendo desenvolvida. Conforme Souza *et al.* (2005), Construção Sustentável é:

> "A diferença entre as "Construções Verdes" e as **"Construções Sustentáveis" está na equiparação das dimensões ambiental, social e econômica** da segunda, enquanto que na primeira a dimensão ambiental tem maior, ou total, peso". (grifos nossos)

Na literatura existem outras definições de Construção Sustentável. Márcio Araújo, consultor do IDHEA, considera a seguinte definição[41]:

> "Sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de edificação, habitação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras".

[41] Esta definição está de acordo com o conceito de sustentabilidade proposto pelo relatório Brundtland, da ONU, abordado no Capítulo I.

Ainda podem-se citar outras 2 definições para Construção Sustentável, sendo as seguintes: "Aquela que, com especial respeito e compromisso com o Meio Ambiente, implica no uso sustentável da energia" (CASADO, 2005) e "Aquela que reduz os impactos ambientais causados pelos processos construtivos, uso e demolição dos edifícios e pelo ambiente urbanizado" (LANTING, 2005)

Ainda sobre o estudo realizado em 2008 pelo GBC Portugal, mais uma análise foi realizada. O referido estudo fez uma enquete em Portugal para **avaliação da "popularidade" do termo sustentável na Indústria da Construção**. A pesquisa investigou percepções da sustentabilidade em relação às construções, incluindo a utilização dos termos "ecológico" e "sustentável", conforme gráfico 2.2 a seguir.

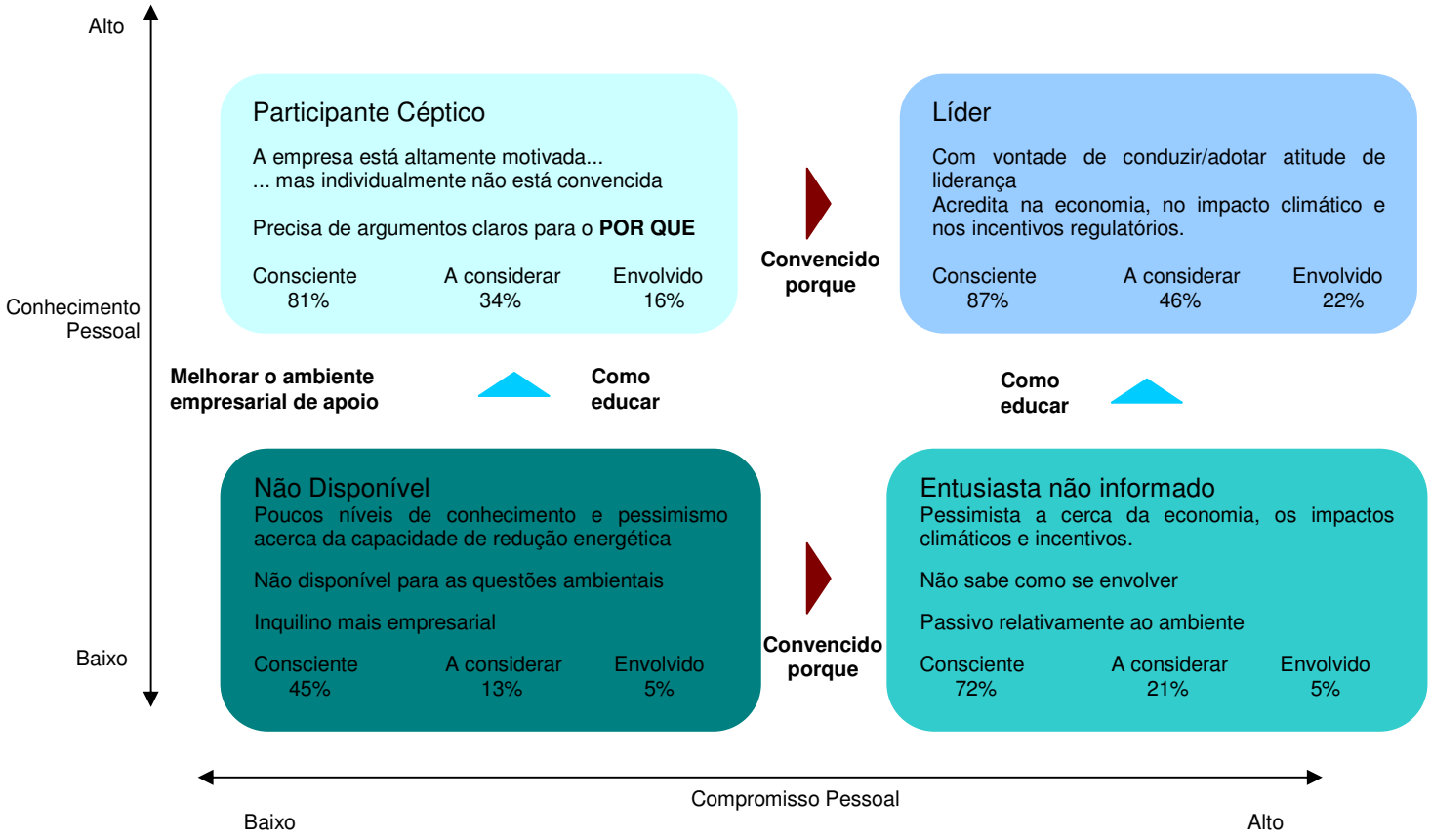


Gráfico 2.2 – Segmentos de atitudes entre os profissionais da Construção comparando-se a utilização dos termos "ecológico" e "sustentável"

Fonte: Relatório Fatos e Tendências - Eficiência Energética em Edifícios (EEE) – 2008.

O gráfico anterior gerou 4 segmentos comportamentais entre os profissionais da Construção de 8 países: França, Alemanha, Espanha, Japão, EUA, China, Índia e Brasil. A seguir serão classificados os 4 segmentos em ordem decrescente de conscientização dos termos "ecológico" e "sustentável":

(i) **Líder:** Tanto a empresa quanto os indivíduos estão com vontade de conduzir / adotar atitude de liderança e acredita na economia, no impacto climático e nos incentivos regulatórios.

(ii) **Participante Cético:** A empresa está altamente motivada, porém os indivíduos ainda não estão convencidos.

(iii) **Entusiasta não-informado:** Pessimista a cerca da economia, os impactos climáticos e incentivos. As empresas não sabem como se envolver e os indivíduos estão passivos em relação ao ambiente.

(iv) **Não Disponível:** Poucos níveis de conhecimento e pessimismo acerca da capacidade de redução energética. As empresas não estão disponíveis para as questões ambientais e os indivíduos são mais empresariais.

Esta classificação foi feita com base no *conhecimento pessoal* e na *extensão da convicção pessoal ou de compromisso para com a Construção Sustentável*. Cada caixa do gráfico 2.2 mostrou as características dos segmentos, incluindo o nível de consciência e envolvimento na Construção Sustentável.

Além disso, é importante ressaltar, que a palavra "sustentável" tendeu a ser mais proeminente na Europa, enquanto "ecológico" foi mais adequado à Ásia, em especial no Japão.

Pôde-se perceber a consciência relativamente alta pelas questões ligadas ao meio ambiente em Construções em todos os mercados. Porém no âmbito do envolvimento, ou seja, a aplicação na prática da teoria do assunto, ainda está muito baixa. Apenas um terço daqueles que dizem que estão conscientes, consideraram o envolvimento na Construção Sustentável e apenas um terço deste grupo menor estiveram realmente envolvidos (11% do total).

O gráfico 2.3 mostra 3 diferentes níveis de **envolvimento profissional** dos países que estão conscientes com a questão ambiental na Construção, os que consideraram e os que já estiveram envolvidos.

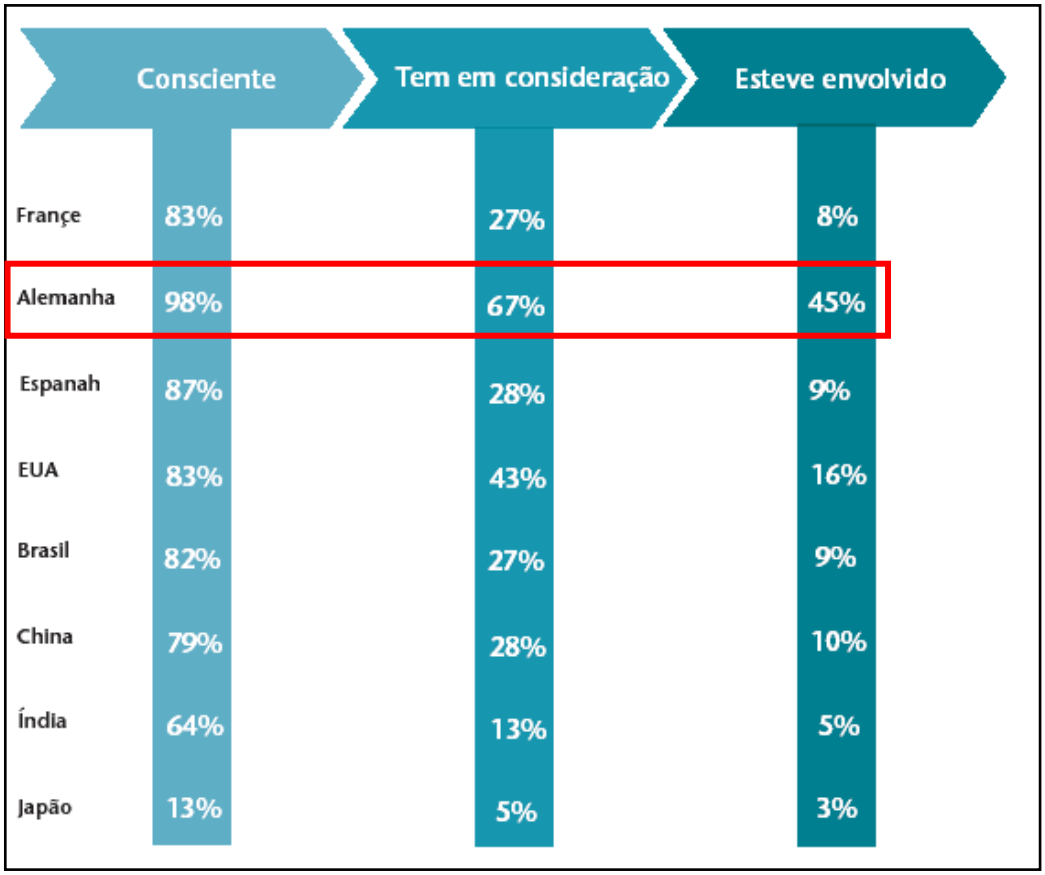


Gráfico 2.3 - Consciência e envolvimento de alguns Países em relação a questão ambiental na Construção

(Números arredondados ao número inteiro mais próximo)

Fonte: Relatório Fatos e Tendências - Eficiência Energética em Edifícios (EEE) – 2008.

O gráfico anterior permite a seguinte conclusão: a Alemanha é o país com maior envolvimento e consciência sobre a prática da sustentabilidade na Construção. Enquanto que os outros países estão no processo de conscientização da questão ambiental durante a Construção.

A pesquisa analisou ainda o *conhecimento* dos profissionais no que se refere à **estimação do custo das Construções Sustentáveis Certificadas com relação à Construções Convencionais**. O gráfico 2.4 ilustra esta análise.

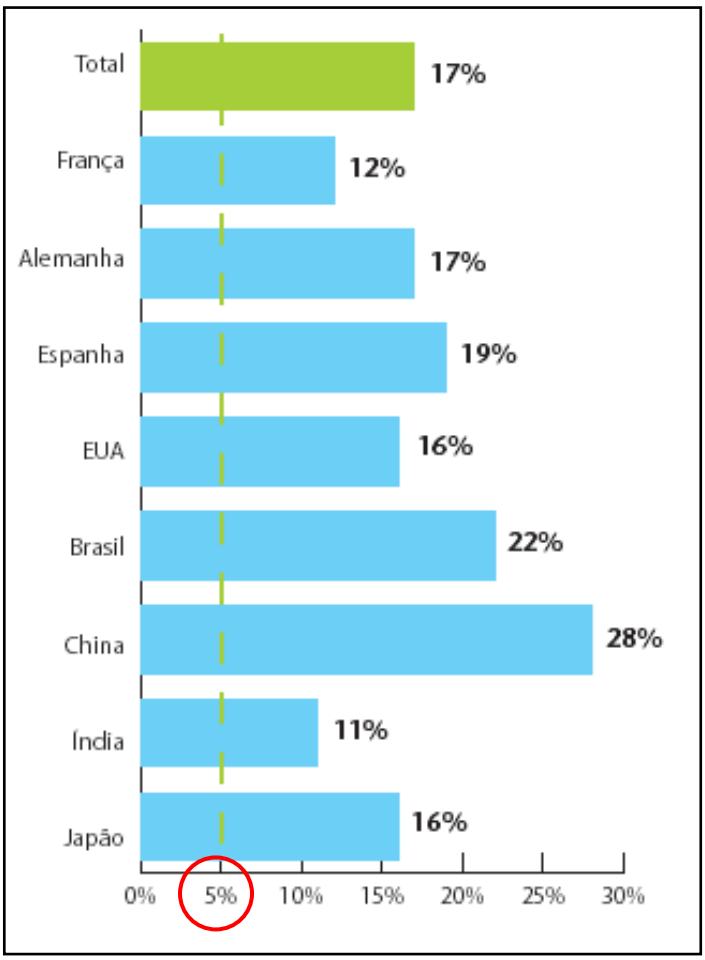


Gráfico 2.4 - Estimativas do aumento do custo de uma Construção Tradicional em relação a uma Construção Sustentável Certificada

Fonte: Relatório Fatos e Tendências - Eficiência Energética em Edifícios (EEE) – 2008.

Os países desenvolvidos consideram um valor referencial de aproximadamente 5% para o aumento do custo de Construções Certificadas em relação à uma Construção Convencional, isto é, sem preocupação ambiental. De acordo com o gráfico 2.4, nota-se que apenas a França (12%) e Índia (11%) estão mais próximas da realidade de quanto custa a sustentabilidade em uma Construção e que a China (28%) e o Brasil (22%) ainda consideram a sustentabilidade na construção um investimento muito caro.

Esta pesquisa demonstra claramente a necessidade dos países em desenvolvimento implantarem um forte programa para disseminação dos conceitos e práticas do *Green Building,* além de órgãos de fomento em pesquisa e inovação tecnológica voltados para esta área e a realização de palestras, seminários e encontros em Universidades sobre este assunto com o objetivo de conscientizar os futuros profissionais com relação às necessidades ambientais.

2.5 Ferramentas para Avaliação da Sustentabilidade da Construção[42]

Com relação aos *Green Buildings,* surgiu-se a necessidade em se criar um método para avaliação da sustentabilidade de edifícios, chamados de ecologicamente corretos. Para isso, essas construções deveriam atender determinados parâmetros ambientais para receberem a Certificação. Existe na literatura uma série de metodologias aplicadas durante a implantação de *Green Building*, como: *BREAM* (britânico), *GBC* (participação de 20 países), *LEED™* (americano), dentre outros. A seguir de maneira breve serão abordadas as 2 primeiras metodologias como forma ilustrativa e de maneira mais detalhada o *LEED*, já que esta é a metodologia utilizada no Brasil e a qual está passando pela fase de adaptação às características intrínsecas ao país.

2.5.1 *BREAM*

O primeiro país a oficializar o conceito de *Green Buildings* foi o Reino Unido, em 1998, através do sistema de avaliação de desempenho ambiental *Building Research Establishement Environmental Assessment Method* (*BREAM*). O *BREAM* estabelece normas de avaliação das construções que se propõem a seguir os passos de uma construção sustentável, através da racionalização de energia, diminuição do uso da água e reutilização de materiais. (*Bristish Concil for Offices*, 2000)

A avaliação está baseada em um *checklist* de projeto, reunindo uma série de pontuações e pré-requisitos associados a determinadas metas de projeto e de desempenho. Um fator importante utilizado no *BREAM* refere-se ao critério utilizado para classificação do

[42] A base de dados dessas ferramentas está baseada nas soluções mais usadas na construção do seu país de origem, o que torna a sua aplicação muito difícil num país diferente.

desempenho da construção com relação a sua categoria. A tabela 2.4 especifica estes critérios conforme a categoria da construção.

Tabela 2.4 – BREAM - Critérios de desempenho e questões atribuídas por categoria

CRITÉRIOS DE DESEMPENHO	ATRIBUIÇÃO POR CATEGORIA
Gerenciamento	Políticas e procedimentos
Saúde e Bem-estar	Fatores externos e internos
Operação e energia	CO_2, emissões e controle
Transporte	CO_2, emissões
Água	Consumo e desperdício
Materiais	Implicações ambientais quanto à seleção dos materiais

Fonte: *Bristish Concil for Offices*, 2000

Devido à existência do fator peso para cada categoria a ser avaliada, o resultado final desta metodologia demonstra bem a sustentabilidade da Construção.

2.5.2 - *GBC*

O *GBC* (*Green Building Challenge*) conta com a participação de 20 países com o objetivo de avaliar o desempenho ambiental das construções. O *GBC* procura diferenciar-se como uma nova geração de sistemas de avaliação, desenvolvida especificamente para refletir as diferentes prioridades, tecnologias, tradições construtivas e até mesmo valores culturais de diferentes países ou regiões em um mesmo país. (COLE *et al.,* 1997)

A tabela 2.5 especifica as categorias de desempenho e as respectivas questões a serem consideradas pelo *GBC*.

Tabela 2.5 – Categorias e questões consideradas pelo *GBC*

CATEGORIAS	QUESTÕES CONSIDERADAS
1 – Consumo de recursos	Energia / terra / água / novos materiais / reutilização do edifício
2 – Cargas ambientais	Gases do Efeito Estufa / Substâncias que afetam a camada de ozônio, gases acidificantes, gases foto-oxidantes, resíduos sólidos, efluentes líquidos, impactos locais
3 – Qualidade ambiental interna	Qualidade do ar / conforto térmico / iluminação, ruído e acústica / campos eletromagnéticos
4 – Qualidade do serviço	Adaptabilidade, controlabilidade, manutenção do desempenho, visibilidades, comodidades, impactos
5 – Economia	Ênfase no ciclo de vida
6 – Manutenção e operações prévias	Medidas de controle na construção, desempenho, planejamento das operações
7 – Transportes diários	Transporte

Fonte: (COLE, 2002)

O *GBC* pode ser aplicado em vários tipos de construção, em qualquer estágio e local, sendo considerado um bom método para avaliação ambiental da Construção Sustentável.

2.5.3 – *LEED™*

O *LEED™* (*Leadership in Energy and Environmental Design)* é um método americano para avaliação da sustentabilidade da Construção controlado pela USGBC. Iniciado em 1996 com o objetivo de difundir o conceito de construção ambientalmente responsável entre os profissionais e a Indústria da Construção americana.

As sete Categorias *LEED*:

1) *LEED*® *NC* - Novas Construções e grandes projetos de renovação

A Certificação *LEED*® *NC* para Novas Construções ou grandes reformas é elaborada para **guiar projetos que se distinguem frente a sua alta performance**, segundo aos seguintes itens: energia, água, qualidade ambiental interna, produtividade, etc.

Podem ser usados para prédios comerciais, residenciais, governamentais, instalações recreativas, laboratórios e plantas industriais.

2) *LEED*® *EB* - Edifícios Existentes

A Certificação *LEED*® *EB* para Edifícios Existentes, ajuda os proprietários e operadores a medir suas operações, fazer melhorias na manutenção em uma escala consistente, com o objetivo de **maximizar a eficiência operacional e minimizar os impactos ambientais**. O *LEED*® *EB* aborda em todo o edifício questões de limpeza e manutenção, incluindo uso químico; programas de reciclagem; programas de manutenção exterior e atualização de sistemas, podendo ser aplicado tanto para edifícios existentes que procuram a certificação *LEED*® *EB* pela primeira vez, quanto para projetos previamente certificados no âmbito de outros Sistemas de Certificação *LEED*® como: *LEED*® *NC, LEED*® *School*, *LEED*® *CS* e *LEED*® *EB* (em caso de renovação).

3) *LEED*® *CI* - Projetos de interiores e edifícios comerciais

A Certificação *LEED*® *CI* para interiores comerciais foi desenvolvido para **garantir a alta performance dos interiores, em termos de ambiente saudável, locais de trabalho produtivos, baixo custo de manutenção e operação e redução do impacto ambiental**. O *LEED*® *CI* oferece aos usuários, arquitetos de interiores e *designers*, a possibilidade de criar ambientes sustentáveis, independentemente de não poderem atuar na operação de todo o prédio.

4) *LEED® CS* - Projetos da envoltória e parte central do edifício

Nesta modalidade **certifica-se toda a envoltória do empreendimento, suas áreas comuns e internamente o sistema de ar-condicionado e elevadores.** O *LEED® CS* é utilizado por construtores e incorporadores que estão desenvolvendo o projeto para posterior comercialização de suas salas, garantindo ao futuro usuário que suas instalações oferecem todas as condições para a alta performance do empreendimento.

O *LEED® CS* foi desenvolvido para ser complementado pelo *LEED® CI* (*Commercial Interior*), ocorre que o construtor e incorporador destes empreendimentos que serão futuramente comercializados, não podem se comprometer em relação ao modo que o futuro usuário ocupará as salas comercializadas.

5) *LEED® for Homes* - Residências

A Certificação *LEED® for Homes* reconhece o caráter único da concepção e construção de residências.

6) *LEED® Schools* - Escolas

Baseado no Sistema de Certificação *LEED® NC*, **aborda questões como a sala de aula, acústica, planejamento central, prevenção contra mofo e avaliação ambiental do local**. Ao abordar a singularidade dos espaços escolares e as questões de saúde infantil, *LEED® School* fornece uma única e abrangente ferramenta para as escolas que pretendem construir de forma sustentável, com resultados mensuráveis.

7) *LEED® ND* - Desenvolvimento de Bairro

A Certificação *LEED® ND* para Bairro e Desenvolvimento de Comunidades integra os **princípios do crescimento inteligente, urbanismo e construção sustentável para a concepção de bairros**. A certificação *LEED® ND* requisita que o desenvolvimento da

localização e concepção do empreendimento cumpra elevados níveis de responsabilidade ambiental e social.

Assim como o *BREAM*, o *LEED*^{TM} também é constituído por um *checklist* que atribui créditos para o atendimento de critérios pré-estabelecidos, os quais classificam a Construção como ecologicamente correta. A tabela 2.6 especifica os 6 critérios e a respectiva pontuação estabelecida pelo USGBC.

Tabela 2.6 – Categorias e pontuação atribuída

CRITÉRIOS	MÁXIMO DE PONTOS
Localização Sustentável (SS)	14
Eficiência do Uso da Água (WE)	05
Energia e Atmosfera (EA)	17
Materiais e Recursos (MR)	13
Qualidade Ambiental Interna (EQ)	15
Inovação e Processo de *Design* (IN)	05

Fonte: Sítio eletrônico do USGBC

O método de pontuação exibido na tabela anterior varia de acordo com o critério a ser atendido, a partir de um número mínimo de pontos a construção poderá ser certificada, podendo ser: Básica, Prata, Ouro ou Platina.

Segue como exemplo a lista de pontuação do *LEED® NC* (Novas Construções).

1) Sustentabilidade do Espaço (SS) - 14 Pontos

Pré-requisito 1[43] - Prevenção da poluição na atividade da Construção

Crédito 1 - Seleção do Terreno - 1 ponto
Crédito 2 - Densidade Urbana e Conexão com a Comunidade - 1 ponto
Crédito 3 - Remediação de áreas contaminadas - 1 ponto
Crédito 4.1 - Alternativa de Transporte, Acesso ao Transporte público - 1 ponto
Crédito 4.2 - Alternativa de Transporte, Bicicletário e Vestiário - 1 ponto
Crédito 4.3 - Alternativa de Transporte, Uso de Veículos de Baixa emissão - 1 ponto
Crédito 4.4 - Alternativa de Transporte, Redução área de estacionamento - 1 ponto
Crédito 5.1 - Desenvolvimento do espaço, Proteção e restauração do Habitat - 1 ponto
Crédito 5.2 - Desenvolvimento do espaço, Maximinizar espaços abertos - 1 ponto
Crédito 6.1 - Controle da Enxurrada, Controle da quantidade - 1 ponto
Crédito 6.2 - Controle da Enxurrada, Controle da qualidade - 1 ponto
Crédito 7.1 - Redução da ilha de calor, Áreas cobertas - 1 ponto
Crédito 7.2 - Redução da ilha de calor, Áreas descobertas - 1 ponto
Crédito 8 - Redução da Poluição Luminosa - 1 ponto

2) Uso Racional da Água (WE) - 5 Pontos

Crédito 1.1 - Uso eficiente de água no paisagismo, Redução de 50% - 1 ponto
Crédito 1.2 - Uso eficiente de água no paisagismo, uso de água não potável ou sem irrigação – 1 ponto
Crédito 2 - Tecnologias Inovadoras para águas servidas - 1 ponto
Crédito 3.1 - Redução do consumo de água, 20% Redução - 1 ponto
Crédito 3.2 - Redução do consumo de água, 30% Redução - 1 ponto

[43] **Pré-Requisitos:** São requisitos mínimos a serem atendidos pelo projeto, para que o mesmo tenha direito a acumulação de pontos para certificação, caso não sejam atendidos o projeto não poderá ser certificado.

3) Energia e Atmosfera (EA) - 17 Pontos

Pré-requisito 1 - Comissionamento dos sistemas de energia

* Nota para EAc1: Todos *LEED* para Nova Construção de projetos registrados após 26 de Junho de 2007, são necessários alcançar pelo menos, 2 pontos sob EAc1.

Crédito 1 - Otimização do desempenho no uso de energia - 1 a 10 pontos

10,5% Prédios novos ou 3,5% Prédios reformados - 1 ponto

14% Prédios novos ou 7% Prédios reformados - 2 pontos

17,5% Prédios novos ou 10,5% Prédios reformados - 3 pontos

21% Prédios novos ou 14% Prédios reformados - 4 pontos

24,5% Prédios novos ou 17,5% Prédios reformados - 5 pontos

28% Prédios novos ou 21% Prédios reformados - 6 pontos

31,5% Prédios novos ou 24,5% Prédios reformados - 7 pontos

35% Prédios novos ou 28% Prédios reformados - 8 pontos

38,5% Prédios novos ou 31,5% Prédios reformados - 9 pontos

42% Prédios novos ou 35% Prédios reformados - 10 pontos

Pré-requisito 2 - Performance Mínima de Energia

Crédito 2 - Geração local de energia renovável - 1 a 3 pontos

2.5% Energia Renovável - 1 ponto

7.5% Energia Renovável - 2 pontos

12.5% Energia Renovável - 3 pontos

Pré-requisito 3 - Não uso de CFC´s

Crédito 3 - Melhoria no comissionamento - 1 ponto

Crédito 4 - Melhoria no uso de gases refrigerantes - 1 ponto

Crédito 5 - Medições e Verificações - 1 ponto

Crédito 6 - Energia Verde - 1 ponto

4) Materiais e Recursos (MR) - 13 Pontos

Pré-requisito 1 - Depósito e Coleta de materiais recicláveis

Crédito 1.1 - Reuso de Materiais, Manutenção 75% Paredes, Forros e Coberturas - 1 ponto
Crédito 1.2 - Reuso de Materiais, Manutenção 100% Paredes, Forros e Coberturas - 1 ponto
Crédito 1.3 - Reuso de Materiais, Manutenção 50% dos elementos interiores não estruturais - 1 ponto
Crédito 2.1 - Gestão de Resíduos da Construção, Destinar 50% para reuso - 1 ponto
Crédito 2.2 - Gestão de Resíduos da Construção, Destinar 75% para reuso - 1 ponto
Crédito 3.1 - Reuso de Materiais, 5% - 1 ponto
Crédito 3.2 - Reuso de Materiais, 10% - 1 ponto
Crédito 4.1 - Conteúdo Reciclado, 20% (pos-consumo + ½ pre-consumo) - 1 ponto
Crédito 4.2 - Conteudo Reciclado, 10% (pos-consumo + ½ pre-consumo) - 1 ponto
Crédito 5.1 - Materiais Regionais, 10% Extraido, Processado e Fabricado Regionalmente – 1 Ponto
Crédito 5.2 - Materiais Regionais, 20% Extraido, Processado e Fabricado Regionalmente – 1 ponto
Crédito 6 - Materiais de Rápida renovação - 1 ponto
Crédito 7 - Madeira Certificada - 1 ponto

5) Qualidade Ambiental Interna (EQ) - 15 Pontos

Pré-requisito 1 - Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interno

Pré-requisito 2 - Controle do fumo Requisito

Crédito 1 - Monitoração do Ar Externo - 1 ponto
Crédito 2 - Aumento da Ventilação - 1 ponto
Crédito 3.1 - Plano de Qualidade do Ar, Durante a Construção - 1 ponto
Crédito 3.2 - Plano de Qualidade do Ar, Antes da ocupação - 1 ponto
Crédito 4.1 - Materiais de Baixa Emissão, Adesivos e Selantes - 1 ponto
Crédito 4.2 - Materiais de Baixa Emissão, Tintas e Vernizes - 1 ponto

Crédito 4.3 - Materiais de Baixa Emissão, Carpetes - 1 ponto

Crédito 4.4 - Materiais de Baixa Emissão, Madeiras Compostas e Agrofibras - 1 ponto

Crédito 5 - Controle interno de poluentes e produtos químicos - 1 ponto

Crédito 6.1 - Controle de Sistemas, Iluminação - 1 ponto

Crédito 6.2 - Controle de Sistemas, Conforto Térmico - 1 ponto

Crédito 7.1 - Conforto Térmico, Projeto - 1 ponto

Crédito 7.2 - Conforto Térmico, Verificação - 1 ponto

Crédito 8.1 - Iluminação Natural e Paisagem, para 75% dos espaços - 1 ponto

Crédito 8.2 - Iluminação Natural e Paisagem, para 90% dos espaços - 1 ponto

6) Inovação e Processo do Projeto (IN) - 5 Pontos

Crédito 1.1 - Inovação no Projeto: Insira o título - 1 ponto

Crédito 1.2 - Inovação no Projeto: Insira o título - 1 ponto

Crédito 1.3 - Inovação no Projeto: Insira o título - 1 ponto

Crédito 1.4 - Inovação no Projeto: Insira o título - 1 ponto

Crédito 2 - Profissional Acreditado *LEED*® - 1 ponto

Para receber a certificação *LEED* de prédio "verde", uma construção deve seguir alguns quesitos. Atualmente (2009), são 69 critérios e cada um deles vale um ponto. Estes critérios levam em consideração todo o ciclo de vida do empreendimento desde a sua concepção, construção, operação e descarte de resíduos após sua vida útil. Caso atinja no mínimo 26 pontos e atenda os 7 pré-requisitos, o prédio estará de acordo com as preocupações de sustentabilidade e receberá a Certificação *LEED* Básica. A partir de 33 pontos, receberá o Certificado Prata. Quando chegar a 39, receberá o Ouro. A partir de 52 pontos atingir-se-á a certificação máxima, que é de Platina.

A tabela 2.7 mostra os quatro possíveis níveis de classificação para as edificações de acordo com o *LEED*™.

Tabela 2.7 – Níveis de Classificação LEED

NÍVEIS	PONTUAÇÃO
Certificado "verde" (Básico)	26 - 32
Certificado Prata	33 - 38
Certificado Ouro	39 – 51
Certificado Platina	52 ou mais pontos

Fonte: USGBC, 2001

A estrutura deste método é simples, compreensível e fácil de ser aplicada. Porém, o seu resultado não é ponderal, ou seja, não leva em conta a importância de determinada categoria avaliada, contrariamente ao *BREAM*.

2.5.3.1 Certificação *LEED*® Brasil:

O *LEED*® Brasil está sendo formulado pelo Comitê de Adaptação do GBC Brasil, que reúne especialistas em Construção e Meio Ambiente, professores e pesquisadores universitários, empresários e fabricantes de matéria-prima e de equipamentos e associações de classe.

O grupo é liderado pelo Engenheiro Manoel Gameiro e tem a coordenação do Engenheiro Marcos Casado, responsável pela primeira certificação *LEED* no Brasil. Esta organização tem como objetivo considerar as peculiaridades do Setor de Construção brasileiro, através da reavaliação de seus temas centrais e possível redimensionamento do sistema de pontos com o objetivo de estimular a adoção de práticas sustentáveis inovadoras no país.

Percebe-se que o número de pontos por redução de consumo de energia pode ser minimizado no caso brasileiro já que utilizamos amplamente a energia hidroelétrica, que não é poluente. Outro caso a ser avaliado é a pontuação pela utilização do conceito de reciclagem,

amplamente adotado pelo setor de construção. Por outro lado, deve-se aumentar o número de pontos pela escolha e recuperação de locais degradados, prática incomum no Brasil.

Na perspectiva brasileira, o tema da sustentabilidade está intrinsecamente relacionado às questões sócio-ambientais. Pretende-se criar 2 novas categorias, referentes à biodiversidade e o impacto social positivo de uma construção. Ambas reverterão pontos para a certificação *LEED*® Brasil.

Processo de Certificação Brasileiro:

Durante o processo de certificação brasileiro avalia-se, por exemplo, a matéria-prima utilizada na construção e outros equipamentos e produtos que promovem a redução no consumo de recursos naturais e o aumento da qualidade de vida dos ocupantes. Agregam-se pontos ao critério matéria-prima utilizada: **1)** se o material é reciclado; **2)** se os seus componentes são recursos naturais rapidamente renováveis e **3)** a proximidade do local de produção da matéria-prima e a obra.

A utilização de madeira certificada de região próxima ao empreendimento e de argamassas e carpetes produzidas a partir de material reciclável são valorizadas. Equipamentos como persianas motorizadas que promovem redução do consumo de energia e uso racional do ar condicionado, melhorando a qualidade do ar também são pontuados. A utilização de torneiras com regulação de vazão, descargas *dual-flux* ou bacias a vácuo, que ajudam na economia do consumo de água, são observadas. Assim como a preferência por tintas e vernizes sem Composto Orgânicos Voláteis, que melhoram a qualidade do ar interno do prédio.

Custo do *LEED* Brasil:

O Registro do Projeto de Certificação *LEED* de uma Construção brasileira junto ao USGBC custa em média U$600,00. Após o registro realiza-se todo o processo de certificação. A seguir apresentam-se as etapas do projeto de certificação e o custo envolvido para cada fase:

1) Análise de Projeto: Esta fase é a principal e refere-se a análise do projeto de construção, que é realizada por área. A tabela de preços encontra-se a seguir:

- U$1.500,00 até 5.000m^2
- U$0,030 / m^2 até 50.000m^2
- U$15.000,00 mais de 50.000m^2

2) Certificação Obra: A pós o processo de análise do projeto realiza-se a Certificação da Obra propriamente dita. Em termos de valores, esta fase custa aproximadamente metade do preço da fase anterior.

- U$750,00 até 5.000m^2
- U$0,015 / m^2 até 50.000m^2
- U$7.500,00 mais de 50.000m^2

3) Consultoria: A consultoria não é obrigatória, porém recomenda-se a contratação do consultor, que é um profissional treinado e qualificado pelo LEED® para tramitar toda a documentação junto ao Conselho Internacional. A consultoria custa aproximadamente 1% do custo da Certificação.

Representatividade do *LEED* no Brasil e no Mundo

No mundo totalizam-se até o momento (2009) 2.271 Empreendimentos Certificados *LEED*® e no Brasil temos 4 empreendimentos certificados, conforme a seguir:

1) Agência Granja Viana Banco Real (SP) - *LEED*® *NC* Ouro
2) ABN Amro Cotia (SP) - *LEED*® *NC* Ouro.
3) Unidade Delboni Auriemo - Dumont Villares (SP) - *LEED*® *NC* Ouro.
4) Edifício Bracor / Universidade Petrobras (RJ) - *LEED*® *CS* Certificação Básica
5) Banco Morgan Stanley (SP) - *LEED*® *CI* Ouro

Além disso, no mundo totalizam-se 75.000 profissionais credenciados ao *LEED*®, enquanto que no Brasil tem-se o total de 36 profissionais. A respeito do número de Empreendimentos registrados no mundo é alcançado o montante de 19.836 construções e no Brasil 114, sendo que com algumas ainda em sigilo.

O gráfico 2.5 a seguir mostra a crescente tendência no aumento de registros *LEED*® no Brasil durante o período de 2004 até 2009.

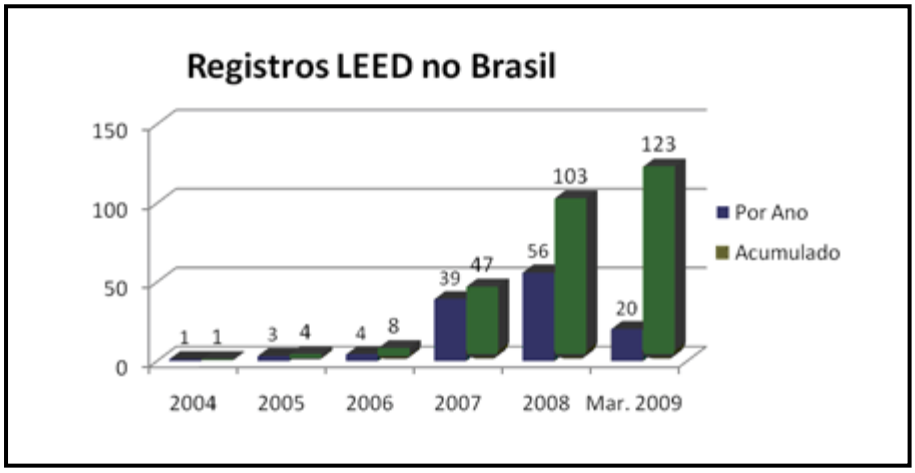


Gráfico 2.5 – Registros *LEED* no Brasil

Fonte: Extraído do Sítio eletrônico de GBC Brasil: www.gbcbrasil.org.br/pt/

2.6 Exemplos de *Green Building* no Brasil

A partir de 2007 e 2008, o Brasil construiu 3 edifícios certificados com o selo *LEED*™. Dois em São Paulo e um no Rio de Janeiro. A seguir, são destacados esses exemplos.

2.6.1 Agência do Banco Real:

A figura 2.1 ilustra a agência do Banco Real (grupo ABN *Amro Bank*) na Granja Viana, em Cotia, São Paulo, a qual foi a primeira construção reconhecidamente sustentável da América Latina, recebendo em janeiro de 2007 a Certificação *LEED*™.

Figura 2.1 – Primeiro *Green Building* na América Latina – SP (2007)

Fonte: Sítio eletrônico do GBC Brasil – www.gbcbrasil.org.br/pt/

Este projeto foi desenvolvido pela Superintendência de Engenharia e Arquitetura do banco e teve o acompanhamento do arquiteto Roberto Oranje e do engenheiro Marcos Casado, ambos representantes do GBC Brasil.

Essa construção tornou-se sustentável por utilizar materiais verdes: tijolos reciclados, tintas sem solventes, madeira certificada, cimento com mistura de resíduos de altos-fornos siderúrgicos, brita reciclada, blocos e painéis sem amianto. O projeto incluiu também grande número de clarabóias e painéis solares, objetivando o uso de energia natural e reaproveitamento de água da chuva e de tratamento de esgoto.

2.6.2 Laboratório *Delboni Auriemo*

A figura 2.2 ilustra o empreendimento, que obedeceu às soluções sustentáveis com base no desempenho de diversas variáveis entre elas a eficiência do uso da água, a eficiência energética, os materiais e recursos utilizados e a qualidade ambiental interna.

Figura 2.2 – Segundo reconhecimento de *Green Building* de São Paulo (2008)

Fonte: Sítio eletrônico do GBC Brasil – www.gbcbrasil.org.br/pt/

O laboratório *Delboni Auriemo* em janeiro de 2008 recebeu o certificado *LEED*^{TM} para a sua unidade na Avenida Luis Dumont Villares, na região de Santana, zona Norte de São Paulo.

Segundo Daniel Coudry, gestor de negócios do *Delboni Auriemo*, toda a madeira usada na obra teve origem certificada de florestas de reflorestamento com o selo da *Forest Stewardship Council* (FSC). Os fornecedores de materiais não podiam estar a mais de 500 km da obra para economia de combustível. As tintas usadas tinham baixa emissão de compostos orgânicos voláteis para não agredir a camada de ozônio. Nos banheiros foram instaladas

válvulas de descarga para redução do uso de água e no projeto de iluminação foram colocados sensores de presença e interruptores em cada ambiente para diminuir o consumo de energia. O sistema de ar-condicionado foi à gás ecológico R407[44] e não usou o gás CFC, causador do efeito estufa.

Durante a construção, houve o cuidado de fiscalizar os caminhões que descarregavam os materiais de construção, de modo a verificar se não havia vazamento de óleo no estacionamento, evitando a contaminação do solo. Os funcionários também não puderam fumar durante as obras. O estacionamento do laboratório ganhou vagas exclusivas para veículos movidos a gás e um bicicletário.

2.6.3 Edifício Cidade Nova

O edifício Cidade Nova, no Rio de Janeiro, recebeu em outubro de 2008, a certificação *LEED™* pelo USGBC (**ver figura 2.3**).

Figura 2.3 – Primeiro empreendimento certificado *LEED Core & Shell* do Rio de Janeiro (2008)

Fonte: Sítio eletrônico do GBC Brasil – www.gbcbrasil.org.br/pt/

Este empreendimento foi ganhador de alguns títulos importantes, como: primeiro edifício certificado em *Core & Shell* do país; primeira construção certificada no Rio de

[44] Este gás proporciona mais economia e menos emissão de poluentes.

Janeiro; primeira certificação *Core & Shell* na América Latina e a segunda fora dos Estados Unidos.

Tal construção é ocupada pela Petrobras e possui aproximadamente 52.000 m^2 de área construída. Obteve a certificação depois de ser auditada pelos representantes do *Green Building* sob a supervisão e consultoria da *Cushman & Wakefield*[45].

A construção segue as normas que diminuem o impacto sobre o meio-ambiente, como captação e reuso de água; instalação de vidros isotérmicos; concepção de paisagismo e área verde proporcionais ao empreendimento; controle de ar-condicionado individual; descontaminação do solo e disponibilização de vagas especiais para veículos de baixa emissão.

[45] A *Cushman & Wakefield* é a líder em soluções no setor imobiliário integrada na América do Sul, disponível no sítio eletrônico:
http://www.cushwake.com/cwglobal/jsp/localHome.jsp?Country=2200186&Language=PT_br&_requestid=177036

CAPÍTULO III

PRODUTOS ECOLOGICAMENTE CORRETOS PARA CONSTRUÇÃO

Por definição, os materiais ecologicamente corretos, ecoprodutos, materiais verdes ou "produtos amigos do ambiente" são:

> "Artigos e/ou bens de consumo elaborados sem agredir o meio ambiente e a saúde dos seres vivos, a partir do uso de matérias-primas naturais renováveis ou não-renováveis, reaproveitáveis, recicladas ou que impactem o mínimo possível durante seu processo de fabricação e pós-uso".
>
> (ARAÚJO, 2006)

Os materiais de construção fabricados de acordo com critérios de sustentabilidade ambiental já fazem parte do mercado da Construção em diversos países (principalmente os da União Européia e Oceania – Austrália e Nova Zelândia). No Brasil, os materiais considerados "ecologicamente corretos" estão começando a ser desenvolvidos. (MARQUES, 2007)

3.1 Exemplos de Ecoprodutos

Segundo Edwards e Bennett (2003) os materiais de construção são essenciais para a vida quando se trata de construção e infra-estrutura. Os seres humanos passam aproximadamente 80% de seu tempo (em média) em algum tipo de construção, como: a residência, o trabalho, as estradas, etc.

Anink (1996) alerta que os produtos de construção causam um considerável impacto no ambiente, pois permitem que o Setor da Construção seja responsável por 50% dos materiais extraídos da natureza e 50% do total do lixo gerado.

O impacto causado pelos materiais de construção em relação à sua durabilidade no ambiente (pós-consumo) gira em torno de 10 a 20%. Para infra-estrutura, esse valor, em alguns casos, extrapola os 80%.

A seguir, destacam-se tipos de materiais considerados "amigos do ambiente", isto é, materiais que causam menos impacto possível ao meio ambiente.

3.1.1 Concreto

O **concreto** é o material mais utilizado na Indústria da Construção a nível mundial (2.000 Mt/ano), o que o torna alvo de intenso estudo para descobrir alternativas que o torne "amigo do ambiente".

Pesquisas investigam a possibilidade de **adição de resíduos** ao concreto, tais como: cinzas volantes, escórias de alto-forno, sílica de fumo, cinzas de resíduos vegetais, cinzas de resíduos sólidos urbanos, resíduos de vidro, resíduos da indústria automobilística, resíduos de plástico, resíduos têxteis, pó de pedra da indústria das rochas ornamentais, de extração de agregados e da indústria cerâmica, e os resíduos de construção e demolição, com destaque para a utilização de resíduos cerâmicos como agregados.

3.1.2 Areia Artificial

A areia artificial é composta por finos acumulados nas pedreiras, que recebem posterior tratamento com tecnologia limpa (equipamentos de britagem). Antes desta tecnologia, os finos alteravam a paisagem, geravam poeira, obstruíam canais de drenagem e eram carregados pela chuva, causando assoreamento dos rios. A nova alternativa permite ainda à obtenção de uma areia com características físicas e químicas constantes e **diminui a quantidade de cimento para a preparação do concreto**.

3.1.3 Argamassa Ambiental

Trata-se da reciclagem de resíduos finos (pó de rocha) lançada pelas serrarias de rochas ornamentais das regiões de rios, os quais são utilizados em revestimentos de pisos e paredes. Esses finos substituem substâncias como cal ou calcário.

Uma outra possibilidade para produção de argamassa ambiental é a utilização de cinzas de lodo sanitário (queimado a 550ºC) para produzir argamassa e concreto ecológicos.

3.1.4 Gesso *Dry Wall*

Paredes de gesso *Drywall* têm aparência de alvenaria, possui propriedades que contribuem para **regular e estabilizar a temperatura e proporcionar isolamento acústico**. Em reformas, o *Drywall* pode gerar economia de até 50% e reduzir em até 30% o desperdício e entulho em uma obra.

3.1.5 Geopolímeros

Existem também estudos voltados para a **durabilidade dos materiais**. Quanto maior for a sua durabilidade maior será a sua vida útil e conseqüentemente menor será o seu impacto ambiental. Dessa forma, Davidovits (1978) introduziu o termo "*geopolímero*", isto é, **ligante obtido por ativação alcalina**. Este ligante ativado alcalinamente demonstra que é possível sintetizar ligantes a partir de resíduos aluminosilicatados ativados com soluções de elevada alcalinidade.

3.1.6 Tintas, Vernizes e Resinas

As tintas, resinas e vernizes são formulados, na maioria das vezes, com solventes orgânicos. Estes solventes são responsáveis pela emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COV's), que contribuem para o agravamento do Aquecimento Global.

Para substituição dos solventes orgânicos, utiliza-se: água, isoparafina e delimoneno (subproduto da laranja). Existem ainda ingredientes menos nocivos para a fabricação das tintas, vernizes e resinas, como: óleos vegetais, cera de carnaúba, caseína, argila, entre outros.

3.1.7 Telha Ecológica

Esta telha é feita a partir de uma **mistura de cimento com fibras naturais de eucalipto, sisal, bananeira e malva**. Além de utilizar matérias-primas renováveis, o produto proporciona maior isolamento térmico.

Existem também as telhas obtidas a partir da **reciclagem** de embalagens Longa Vida da *Tetra Pak*. Para a fabricação de uma telha ecológica são necessárias 1.540 embalagens.

Dessa forma, esta tecnologia ajuda na diminuição da geração de resíduos, contribuindo com o meio ambiente.

3.1.8 Ecotijolo

O *Ecotijolo* é feito de **material reciclado**, como por exemplo: argila, areia e serragem. Seu formato com inúmeros furos permite a respiração da parede, evitando a umidade.

O tijolo cru ou adobe é obtido através da secagem ao sol, e por não haver queima, não produz gás carbônico.

3.1.9 Telhado "Verde"

O Instituto Tibá, entidade fundada por Johan Van Lengen[46], com sede em Bom Jardim (RJ), pesquisa e desenvolve construções sustentáveis. Através de uma iniciativa da entidade com financiamentos do *Massachussets Institute of Technology* (MIT), dos Estados Unidos, foi desenvolvido um trabalho para solucionar o problema de falta de água na comunidade do Morro da Babilônia, no Leme.

A pesquisa desenvolveu a construção de um telhado verde no lugar de amianto em uma escolinha comunitária Tia Persília. O telhado verde funciona como um isolante térmico e acústico, como um coletor de poeira, evitando doenças alérgicas; retém água da chuva, evitando enchentes; as plantas e a terra funcionam como um filtro natural da água, podendo ser armazenada ainda mais limpa.

3.1.10 Bambu

Coimbra (2000) destaca o bambu como um material renovável, com baixo custo de produção, pouco poluente. A partir do terceiro ano do plantio, o bambu pode ser colhido anualmente. Enquanto que, uma árvore demora no mínimo vinte anos para poder ser aproveitada na produção de madeira ou carvão. Além disso, não exige preparo técnico da área onde será plantado.

---

[46] Autor do livro dos construtores verdes: "Manual do Arquiteto Descalço" de 1979 e pai de Peter Van Lengen, coordenador-geral do Instituto Tibá.

Possui também fortes características, como: **(i) suportar maior tração em relação ao seu peso do que o aço** e **(ii) construir casas resistentes a terremotos** (a Colômbia é um exemplo dessa utilização). O Brasil é o único país das Américas a ter uma grande indústria de papel de bambu, plantando principalmente no Maranhão.

3.2 Versatilidade Sustentável na Indústria da Construção

Como exemplo da versatilidade sustentável em Construção, temos o empreendimento em Dubai: o prédio *Dynamic Tower*. Este referido empreendimento possui as seguintes contribuições ambientais: **eficiência energética, economia de água e inovação tecnologia com apelo sustentável**. O governo de *Abu Dhabi* (2006), um dos emirados que integram os Emirados Árabes Unidos, está construindo a **primeira cidade verdadeiramente "verde" do mundo**, com emissão zero de carbono, sem carros e sem produção de dejetos. A arquitetura das construções vem sendo inspirada na arquitetura tradicional dos países do Golfo a fim de minimizar o gasto de energia.

No lugar de ar condicionado, as construções têm torres para coleta e resfriamento do vento. A água é produzida em uma usina de dessanilização a energia solar. Como a água é inteiramente reaproveitada, os engenheiros acreditam que o consumo de água na cidade será 50% menor do que a média nacional nos Emirados Árabes.

O prédio *Dynamic Tower* (**ver figura 3.1**), terá 80 pavimentos independentes com apartamentos que farão giros de 360 graus, mudando constantemente de forma. Placas no telhado captarão a luz do sol para convertê-la em eletricidade, ao mesmo tempo em que turbinas eólicas instaladas entre cada andar giratório transformarão o vento em energia. Para melhorar a eficiência energética, vidros isolantes serão instalados nas fachadas.

Figura 3.1 - O prédio *Dynamic Tower* em Dubai

Fonte: www.burjdubaiskyscraper.com

3.3 A Análise do Ciclo de Vida dos Ecoprodutos

Da mesma forma que a classificação de uma Construção Sustentável, requer a avaliação de parâmetros que analisem os impactos ambientais, sociais e econômicos, a classificação de um *ecoproduto* também exige tais avaliações.

De acordo com Edwards e Bennett (2003), o desafio está em como melhor medir e gerenciar o impacto dos produtos de Construção e, ao contrário do que muitos podem pensar: a solução para uma Construção Sustentável não está apenas em construir com produtos "verdes".

Uma ferramenta importante para medir o impacto ambiental dos produtos de Construção é a ACV (Análise do Ciclo de Vida). Esta análise permite a avaliação não apenas do tipo de produto a ser usado, mas também como ele é produzido e, ainda mais importante, como ele será usado. Este conceito está expresso na figura 3.2.

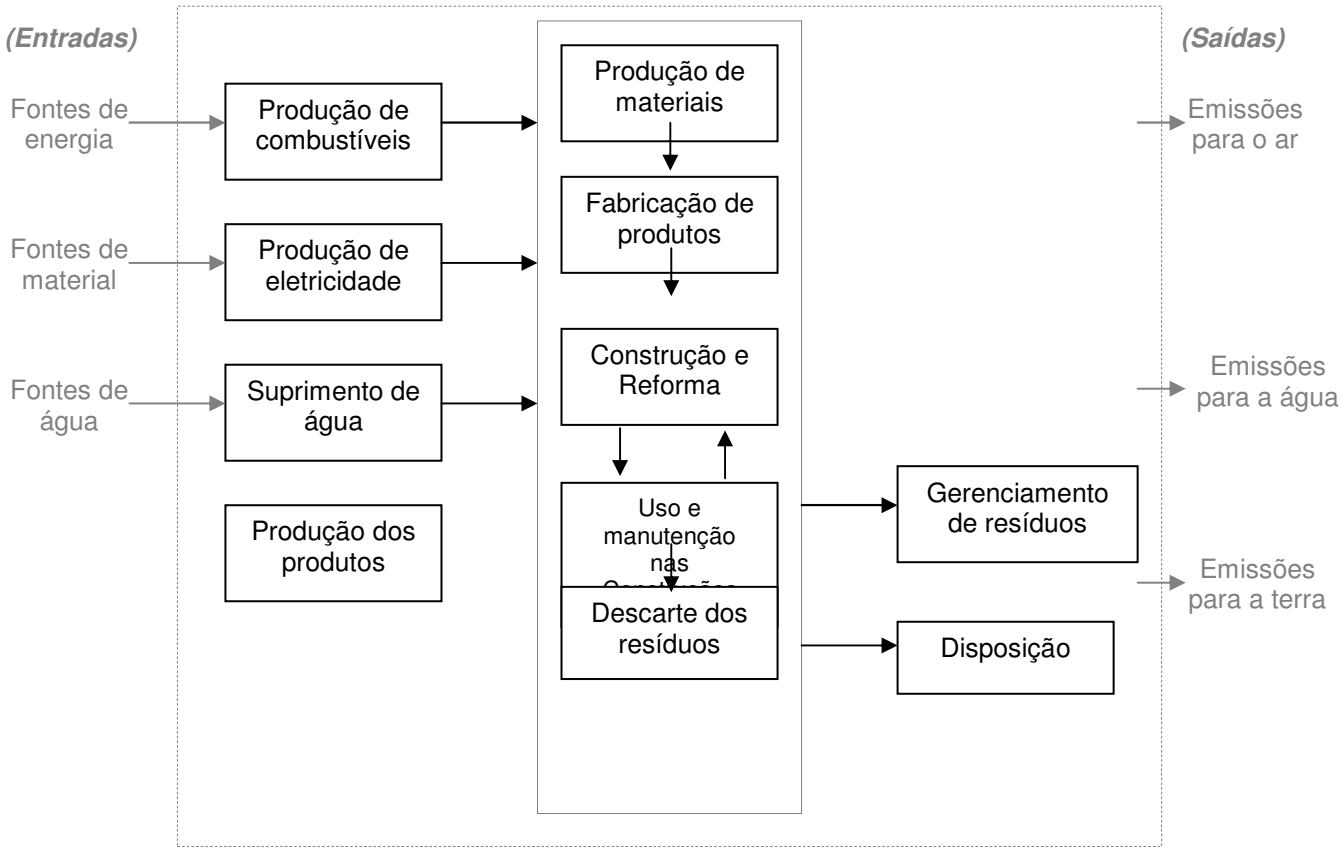


Figura 3.2 – Aplicação da ACV para o produto de Construção

Fonte: Edwards e Bennett (2003)

Manahan (2005) aplica o conceito da ACV para produtos, processos e serviços levando em consideração as **entradas** dos ciclos de vida desde a extração da matéria-prima – produção, distribuição e uso – até a fase final **(saída)** em que se determina, quantifica e minimiza os impactos ambientais (produção, distribuição, uso, reciclagem e disposição).

O processo básico na ACV é a análise inventarial, a qual se determina informações qualitativas e quantitativas sobre o consumo de material e energia (no início do ciclo) e sobre a antrosfera, hidrosfera, geosfera e atmosfera (durante o final do ciclo).

Manahan (2005) ainda complementa que a análise dos impactos prevê informações sobre o tipo e o grau dos impactos ambientais, resultando no ciclo de vida completo do produto, o que possibilita a determinação das medidas para reduzirem os impactos ambientais.

Durante a ACV devem ser considerados os seguintes pontos:

- Selecionar os tipos de materiais que minimizarão os resíduos;
- Selecionar os tipos de materiais que podem ser reutilizados ou reciclados;
- Estabelecer alternativas para gerenciar processos ou várias partes dele.

Embora a ACV seja cara e demande muito tempo, ela pode trazer retornos significantes: reduzindo impactos ambientais, conservando fontes e reduzindo custos. Quanto mais cedo for implantada a ACV durante o desenvolvimento de um produto ou serviço, mais benefícios ela trará.

3.4 Sistemas de Certificação de Produtos

No Brasil existe uma importante entidade responsável em fabricar e comercializar ecoprodutos: o IDHEA (Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica). Inicialmente, devido à inexistência de normas e órgãos certificadores brasileiros para *ecoprodutos*, o IDHEA baseava-se nas normas vigentes da **União Européia** destinadas aos produtos sustentáveis e na Agenda da Construção Sustentável Espanhola. Em 2007, com a criação do primeiro Selo Verde Brasileiro pelo **Instituto Falcão Bauer da Qualidade**, os produtos "verdes" destinados a Construção foram introduzidos em um novo patamar de sustentabilidade.

3.4.1 Rotulagem Ambiental

A definição de rotulagem ambiental, segundo a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas -, é a certificação de produtos adequados ao uso que apresentam menor impacto no meio ambiente em relação a produtos comparáveis disponíveis no mercado. Ela tem como objetivo, igualmente à União Européia, promover a melhoria da Qualidade Ambiental de produtos e processos mediante a mobilização das forças de mercado pela conscientização de consumidores e produtores.

Inicialmente, os rótulos ambientais tinham características peculiares, como por exemplo: abordagem “simples”; grande número de família de produtos; direcionados para o Mercado Interno e para o consumo.

A tabela 3.1 mostra exemplos de rótulos ambientais no mundo.

Tabela 3.1 – Rótulos ambientais no mundo

PAÍS	ANO	RÓTULO AMBIENTAL	SÍMBOLO
Alemanha	1978	*Blue Angel*	
Canadá	1988	*Environmental Choice*	
Países Nórdicos	1989	*White Swan*	
Japão	1989	*Eco Mark*	
EUA	1990	*Green Seal*	
França	1991	*NF - Environment*	

Índia	1991	*Eco Mark*	ECOMARK
Coréia	1992	*Eco Mark*	
Singapura	1992	*Green Label*	GreenLabel SINGAPORE
Nova Zelândia	1992	*Environmental Choice*	ENVIRONMENTAL CHOICE NEW ZEALAND
União Européia	1992	*European Ecolabelling*	
Espanha	1993	*AENOR - Medio Ambiente*	AENOR Medio Ambiente
Brasil	1995	*ABNT - Qualidade Ambiental*	QUALIDADE-ABNT-AMBIENTAL

Fonte: Dados extraídos do sítio eletrônico da ABNT: www.abnt.com.br

3.4.2 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

O crescente aumento da consciência ambiental e a escassez de recursos naturais vêm influenciando cada vez mais as organizações a contribuírem de forma sistematizada na redução dos impactos ambientais associados aos seus processos.

A **ABNT – Associação brasileira de Normas técnicas -**, entendendo esta conscientização sustentável, criou a linha de normas ambientais, NBR 14000 (**ver tabela 3.2**). Esta norma garante a redução da carga de poluição gerada pelas indústrias, porque envolve a revisão de um processo produtivo visando a melhoria contínua do desempenho ambiental, controlando insumos e matérias-primas que representem desperdícios de recursos naturais e a adoção de práticas destinadas a minimizar impactos que imponham riscos à preservação da biodiversidade.

Tabela 3.2 – Normas ISO 14000 para rotulagem ambiental

NORMA	TÍTULOS
ISO 14020:1998	Rótulos e declarações ambientais – Princípios Básicos
ISO 14021:199	Rótulos e declarações ambientais – Autodeclarações ambientais – Diretrizes e definições e uso de termos
ISO 14024:1999	Rótulos e declarações ambientais – Rotulagem ambiental Tipo I – Princípios e procedimentos
ISO / CD TR 14025	Rótulos e declarações ambientais – Rotulagem ambiental Tipo III – Princípios e procedimentos

Fonte: Disponível no sítio eletrônico da ABNT – www.abnt.com.br

3.4.3 Instituto Falcão Bauer da Qualidade (IFBQ)

O interesse no Desenvolvimento Sustentável já se tornou unanimidade em muitos segmentos da economia, casos da Indústria da Construção, Indústria Química, Indústria Têxtil e Automobilística, dentre outros. O **IFBQ - Instituto Falcão Bauer da Qualidade -,** elaborou um modelo de certificação destinado a comprovar e garantir a sustentabilidade dos produtos. O Selo Ecológico Falcão Bauer, lançado em Novembro de 2007, pode ser aplicado em todo o território nacional e certifica produtos e tecnologias sustentáveis.

3.4.3.1 Categorias do selo ecológico Falcão Bauer

O Selo Ecológico Falcão Bauer possui 3 categorias, que demonstram os impactos e benefícios de um produto sustentável. Para os fabricantes, que além da preocupação com o produto impactar o meio ambiente, promovem ações de melhoria social ou sócio-ambiental, terão esta iniciativa destacada no selo correspondente.

A numeração do selo refere-se ao produto, conforme demonstrado na figura 3.3. No Selo é destacado se o fabricante possui iniciativas sociais, ambientais ou sócio-ambientais.

Figura 3.3 – Tipos de Selo Verde Falcão Bauer

Fonte: Extraído do sítio eletrônico da Falcão Bauer: www.falcaobauer.com.br

A seguir serão apresentadas as características principais dos 3 tipos de selos do Instituto Falcão Bauer da Qualidade.

1) Selo Ecológico (Categoria 1)

Este selo ecológico referente à categoria 1 será concedido aos produtos que atendam aos seguintes pré-requisitos:

- Não possuam em sua composição substâncias perigosas, segundo a NBR ISO 10004:04;
- Possuam impacto ambiental do produto e do processo produtivo **menor** que os similares convencionais, segundo ACV - do produto. Levam-se em conta os seguintes critérios: matéria-prima, energia, água, recursos naturais, embalagens, emissões, resíduos, vida útil do produto e destinação pós-uso.

2) Selo Ecológico (Categoria 2)

Este selo ecológico referente à categoria 2 será concedido aos produtos que atendam aos seguintes pré-requisitos:

- Não possuam em sua composição substâncias perigosas, segundo a NBR ISO 10004:04;
- Possuam **baixo** impacto ambiental do produto e do processo produtivo, segundo ACV - do produto. Levam-se em conta os seguintes critérios: matéria-prima, energia, água, recursos naturais, embalagens, emissões, resíduos, vida útil do produto e destinação pós-uso;
- Possuam percentual em massa **de pelo menos**: **30%** pós-consumo **ou 50%** pré-consumo de suas matérias-primas.

3)Selo Ecológico (Categoria 3)

Este selo ecológico referente à categoria 3 será concedido aos produtos que atendam aos seguintes pré-requisitos:

- Não possuam em sua composição substâncias perigosas, segundo a NBR ISO 10004:04;
- Possuam **mínimo** impacto ambiental do produto e do processo produtivo, segundo ACV - do produto. Levam-se em conta os seguintes critérios: matéria-prima, energia, água, recursos naturais, embalagens, emissões, resíduos, vida útil do produto e destinação pós-uso;
- Possuam percentual em massa **de pelo menos**: **90% de matérias-primas renováveis**.

Este Selo Ecológico do Instituto Falcão Bauer abrange os aspectos do Desenvolvimento Sustentável. Além disso, requerem os conceitos da Química Verde para a produção dos produtos ecologicamente corretos consumidos pela Indústria da Construção.

CAPÍTULO IV

A Metodologia Aplicada

O presente capítulo apresenta a metodologia aplicada para o desenvolvimento da Dissertação, justificando sua escolha com base na análise de definições encontradas na literatura. O capítulo está estruturado em 3 sessões: a primeira discorre sobre a escolha do tema; a segunda define a escolha do método de pesquisa e a terceira aborda os momentos da pesquisa.

Os momentos da pesquisa englobam basicamente 2 etapas: a **Etapa I** baseou-se nos dados do programa de premiação de invenções da ***Environmental Protection Agency*** **(EPA)** intitulado por ***Presidential Green Chemistry Challenge*** **(PGCC)** e na **Etapa II** realizou-se o **cruzamento dos dados obtidos na primeira etapa com suas aplicações na Indústria Química Brasileira.**

4.1 A escolha do tema

A conjuntura econômica, ambiental e social do mundo vem enfrentando mudanças desde a Revolução Industrial (séc. XVIII). Este importante marco histórico promoveu o acelerado desenvolvimento tecnológico, mas também trouxe **impactos ambientais**.

Governantes e ambientalistas têm buscado alternativas para transformar esse quadro. A **década de 1990** foi marcada por uma série de encontros e conferências para se discutir providências em relação ao Aquecimento Global - o **Protocolo de *Kyoto*** foi um exemplo disto. A **Química Verde** surgiu nesta mesma época, como uma alternativa para se atender às necessidades que vinham surgindo, principalmente na Indústria Química.

Uma vez que, a Química Verde promove uma nova conduta química (mais limpa) para o aprimoramento de técnicas e metodologias, e ao mesmo tempo, contribui para o contínuo desenvolvimento econômico, ambiental e social de forma sustentável, ela pode ser considerada como uma **tendência para aplicação na Indústria Química** e não apenas algo passageiro ou mais uma forma de produção.

Conforme foi abordado no Capítulo II, o Brasil tem investido bastante no **Setor da Construção**, com o objetivo de alavancar o desenvolvimento econômico do país. O **Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)**, que deu início em 2007 é um exemplo desta estratégia econômica brasileira. Em virtude disto, a demanda por produto químico destinado a este setor aumentará.

Dessa forma, almejando-se mais informações sobre a sustentabilidade aplicada na Indústria Química, este trabalho de Dissertação focou no mapeamento dos dados de pesquisas e inovações americanas que aplicaram a Química Verde para o desenvolvimento de produtos destinados a Indústria da Construção. Posteriormente, cruzou estes dados com as empresas brasileiras, a fim de se comparar as tendências das inovações americanas *vis-à-vis* a Indústria Química Brasileira.

Duas questões foram apontadas com o intuito de guiar a pesquisa, tais como: **(1)** a Química Verde tem sido usada como ferramenta de mudanças positivas para a Indústria Química; **(2)** a Indústria Química Brasileira está inserindo o conceito da Química Verde nos produtos destinados a Construção?

A partir das questões apresentadas, a presente Dissertação intitulou-se: **"Química Verde: a Indústria Química e seus impactos na Indústria da Construção"**.

4.2 A escolha do método

"Pesquisar é encontrar respostas para as questões propostas através da utilização de *métodos* científicos". (MARCONI e LAKATOS, 2006)

Segundo os autores citados anteriormente, pesquisa é um procedimento que permite descobrir fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento. É um procedimento formal levando ao conhecimento de um mundo real que não se apresenta como uma totalidade, mas como um recorte que se faz dele, concebido a partir do foco e dos instrumentos utilizados. Nesse sentido, a pesquisa está direcionada à procura de fatos e princípios, sendo uma diligente busca para averiguar algo.

Apesar de existirem muitas informações e estudos sobre a Química Verde, este tema ainda é relativamente novo no Brasil[47]. Sendo assim, a melhor maneira de se agrupar **informações dispersas** em várias fontes, selecionar **inovações aplicadas** especificamente na Indústria da Construção e finalmente analisar os resultados obtidos deve ser a escolha prévia do método adequado.

Segundo os conceitos de Vergara (2006), para que uma pesquisa atenda a finalidade pela qual ela foi elaborada, quanto à sua natureza, ela deve ser definida como pesquisa pura ou aplicada, conforme a seguir:

> "A pesquisa aplicada está fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos, ou não. Tem, portanto, finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, motivada basicamente pela curiosidade intelectual do pesquisador e situada, sobretudo no nível da especulação."

Nesse sentido, este estudo caracteriza-se como **pesquisa aplicada**, pois visa responder questões sobre a tendência da aplicação de princípios da Química Verde na Indústria Química americana vis-à-vis a brasileira, no tocante ao desenvolvimento de produtos ecológicos destinados à Construção.

Silva e Menezes (2001) pontuam que outra forma de classificar a pesquisa é em relação aos seus objetivos. Ela pode ser exploratória, na medida em que seu objetivo é tornar o problema explícito ou construir hipóteses através da pesquisa bibliográfica, entrevistas e análise de casos. A pesquisa será descritiva quando se objetiva descrever as características de uma população ou um fenômeno, utilizando formas padronizadas de coleta de dados.

Desse modo, este estudo é **exploratório-descritivo** uma vez que analisa a aplicação da Química Verde exercida pela Indústria Química, possibilitando direcionamento para ações futuras, ao mesmo tempo em que descreve o processo a partir do uso de técnica padronizada para análise das tendências das empresas químicas brasileiras.

---

[47] A Química Verde passou a ser estudada no Brasil nesta última década, ou seja, iniciaram-se pesquisas aproximadamente a partir do ano 2000. (SANSEVERINO, 2000)

Ao que se refere à questão da classificação adotada por Vergara (2006), quanto aos procedimentos técnicos, a abordagem da presente pesquisa foi:

1) **bibliográfica**: estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral. Esta técnica fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma.

2) **telematizada**: busca informações em meios que combinam o uso do computador e as telecomunicações. Pesquisas na *Internet* são um exemplo disso.

Conforme Silva e Menezes (2001), esta pesquisa ainda contemplou a técnica **documental**, isto é, material utilizado que ainda não recebera um tratamento analítico. Neste caso, trata-se especificamente, do levantamento de dados a respeito da tendência da Química Verde americana em relação à brasileira.

4.3 Os momentos da pesquisa

Finalmente, para se obter a análise e discussão dos dados obtidos, a metodologia deste trabalho englobou 2 etapas: para a **Etapa I** foi utilizado o estudo **exploratório-descritivo** e teve como principal fonte de pesquisa o programa de premiação americano da EPA: *Presidential Green Chemistry Challenge* (PGCC) e para a **Etapa II** foi utilizada a **pesquisa aplicada**, através do cruzamento das inovações americanas obtidas na primeira etapa com suas aplicações nas Indústrias Químicas Brasileiras.

A seguir serão descritas as 2 etapas realizadas durante o desenvolvimento do trabalho.

ETAPA I: Inovações premiadas pela E*nvironmental Protection Agency* (EPA)

Esta etapa focou na busca constante de dados em várias revistas técnicas, livros e artigos pertinentes à Química Verde e suas diversas aplicações. Outras ferramentas de pesquisa acessadas foram sítios eletrônicos especializados disponíveis na *Internet*, como o da *Environmental Protection Agency* (EPA), *Green Chemistry*, *International Union of Pure and Applied Chemistry*[48] (IUPAC), Sociedade Brasileira de Química[49] (SBQ), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e vários outros.

Dentre o universo de informações a respeito de conceitos e princípios da Química Verde de um modo geral, foram focadas as aplicações verdes que já estavam sendo utilizadas na Indústria da Construção e aquelas que possuiriam grande potencial[50] de uso futuro.

❖ Programa de premiação americano da EPA: *Presidential Green Chemistry Challenge* (PGCC)

A fonte principal para obtenção das inovações foi o programa americano ***Presidential Green Chemistry Challenge*** **(PGCC)** da EPA. Este programa divulga todos os vencedores das pesquisas americanas que aplicam a **Química Verde** e descreve suas novas tecnologias. Os prêmios são destinados às pesquisas cientificamente inovadoras, economicamente viáveis e menos perigosas à saúde humana e ao ambiente.

O **PGCC** pretende adicionar vencedores anuais para aumentar a lista de **cientistas** e **empresas** que objetivam a prevenção da poluição. Através do surgimento de tecnologias vencedoras, indústrias têm aplicado estas inovações e estão conseguindo atingir suas metas. Coletivamente, em 2009, essas tecnologias têm alcançado as seguintes proporções:

- eliminação de mais de 1,3 bilhões de libras de químicos perigosos e solventes;
- economia de mais de 42 bilhões de galões de água; e

[48] O presidente da IUPAC, Sr. Jung-il Jin disse que 2011 será o ano que a ciência química terá impulso global, influenciando a vida e o futuro de todos. (PINTO, 2009)
[49] Esta Sociedade promoverá em 2011, considerado pela ONU como o Ano Internacional da Química, campanhas nas escolas de Ensino Médio e Fundamental, olimpíadas estudantis, feiras de ciência e exposições temáticas para atrair o interesse dos jovens pela química. (PINTO, 2009)
[50] Esta seleção foi possível graças à experiência profissional da autora da presente pesquisa.

- redução de aproximadamente 460 milhões de libras de CO_2 liberados no ar.

Anualmente, a EPA honra 5 vencedores, 1 para cada categoria, sendo as seguintes:

(1) Academia – inovações realizadas em laboratórios universitários

(2) Pequenas empresas – inovações realizadas por pequenas empresas

(3) Rotas sintéticas alternativas - utilização de matérias-primas inócuas e renováveis (ex.: biomassas e óleos naturais); utilização de reagentes adequados; aplicação de catálises incluindo biocatálise e microrganismo; aplicação de processos naturais incluindo fermentação e sínteses biometálicas e desenvolvimento de sínteses de economia atômica.

(4) Condições alternativas de reação – substituição de solventes tóxicos por verdes, sem solventes ou reações no estado sólido; busca pela eficiência energética; aplicação de métodos adequados para redução de energia e materiais intensivos nos processos de separação e purificação.

(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros – utilização de químicos menos tóxicos do que as alternativas convencionais, com atenção para potenciais acidentes; desenvolvimento de químicos recicláveis, biodegradáveis após o uso ou seguros para atmosfera.

Este programa deu início em 1996, com o objetivo de fomentar a aplicação da Química Verde, principalmente no meio acadêmico e nas pequenas empresas. A partir das premiações anuais em inovações verdes desde 1996 até o presente ano (2009) a EPA possui um universo formado por 70 inovações, pois nestes 14 anos de atividade foram premiados 5 vencedores por ano. Desse total (70 inovações), foram selecionadas 17 inovações verdes aplicadas na Indústria da Construção.

Ainda nesta etapa, a partir dos dados obtidos foram possíveis 5 campos de análise:

(i) Qual a tendência americana em inovações da Química Verde de um modo geral?
(ii) Quais as inovações americanas em Química Verde focadas na Construção e seu percentual em relação às 70 inovações?
(iii) Quais os princípios mais aplicados da Química Verde e se atendem alguma tendência?
(iv) Qual a tendência industrial em aplicação da Química Verde?
(v) Quais as empresas americanas estão aplicando a Química Verde?

Etapa II: Cruzamento das inovações americanas *vis-à-vis* a Indústria Química Brasileira

Nesta etapa, decidiu-se avaliar a aplicabilidade dos princípios da Química Verde na Indústria Química Brasileira para a fabricação de materiais destinados ao mercado da Indústria da Construção. Para isso, os dados obtidos na etapa anterior foram cruzados com as empresas químicas brasileiras, com o objetivo de analisar comparativamente a tendência da Química Verde no Brasil.

Isto foi realizado através da Abiquim (Associação Brasileira das Indústrias Químicas), a qual pôde ser acessada através da opção denominada "Produtos Químicos Brasileiros". Também foi utilizado o "Guia da Indústria Química Brasileira" (2009), com a finalidade de se complementar as informações obtidas pelo sítio eletrônico da mesma.

A figura 4.1 traz uma ilustração da página da Abiquim, que possibilita a busca de informações - apenas sobre endereço - dos fabricantes do produto químico em questão.

Figura 4.1 – Exemplo de página de busca por produtos químicos brasileiros e seus fabricantes no sítio eletrônico da Abiquim.

Fonte: Sítio eletrônico da Abiquim: <http://www.abiquim.org.br/braz_new/Default.aspx>

O “Anuário da Indústria Química Brasileira” (2008) foi utilizado para se obter dados a respeito dos gastos com P&D e mensurar os projetos de investimentos, no período entre 2008 e 2013 das empresas químicas nacionais, com o objetivo de se avaliar o destino dos investimentos e como as empresas verdes estão frente às outras.

Os resultados obtidos a partir da metodologia aplicada nesta Dissertação geraram informações, as quais serão apresentadas e discutidas no próximo capítulo.

CAPÍTULO V

Análise e Discussão dos Resultados

Conforme exposto na metodologia deste trabalho, dividiu-se o presente capítulo em 2 etapas: a **Etapa I** concentrou-se na pesquisa de empresas americanas "verdes", para isso, baseou-se nos dados do programa de premiação de invenções da *Environmental Protection Agency* (EPA) intitulado por *Presidential Green Chemistry Challenge* (PGCC). Na **Etapa II** realizou-se o cruzamento dos dados obtidos na primeira etapa com suas aplicações na Indústria Química Brasileira.

A seguir, serão apresentadas as análises dos resultados e as discussões pertinentes ao assunto.

ETAPA I: Inovações Premiadas pela E*nvironmental Protection Agency* (EPA)

5.1 Aplicações dos princípios da Química Verde viabilizando a Construção Sustentável

A Química Verde surgiu a partir de uma necessidade sentida pelo meio acadêmico, governamental, social e ambiental. Devido aos impactos causados ao ambiente pelas Indústrias Químicas, foram criados desde 1990 ferramentas de incentivo à disseminação da Química Verde.

Conforme exposto no capítulo anterior, utilizou-se como fonte principal de pesquisas sustentáveis, o programa americano de premiação de inovações "verdes" da *Environmental Protection Agency* (EPA), o *Presidential Green Chemistry Challenge* (PGCC). Dentro do universo de premiações anuais (com início em 1996 até 2009) separadas em 5 categorias, totalizaram-se um número de 70 inovações em 14 anos de atividade. Desse valor, foram selecionadas aquelas aplicadas à Construção, isto é, 16.

Conforme pode ser observado na tabela 5.1 a seguir, as 16 premiações em destaque (cinza claro) referem-se a possíveis aplicações na Indústria da Construção, sendo estas: biopolímeros, tintas ecologicamente corretas, bio-preservativos para madeira, dentre outros. As outras 54 invenções estão todas voltadas para a Indústria Farmacêutica, setor de cosméticos, agricultura, e outras áreas. Além disso, podem-se observar as invenções por campo de aplicação e os princípios da Química Verde utilizados.

Conforme citado no Capítulo I, os 12 princípios da Química Verde são: **(1)** Prevenção; **(2)** Economia de Átomos; **(3)** Reações com compostos de menor toxicidade; **(4)** Desenvolvimento de compostos seguros; **(5)** Diminuição do uso de solventes e auxiliares; **(6)** Eficiência energética; **(7)** Uso de substâncias renováveis; **(8)** Evitar a formação de derivados; **(9)** Catálise; **(10)** Desenvolvimento de compostos degradáveis; **(11)** Análise em tempo real para a prevenção da poluição e **(12)** Química segura para a prevenção de acidentes.

Tabela 5.1 – As 70 invenções americanas, por ordem decrescente do ano de suas criações (2009 até 1996); as respectivas aplicações e os princípios da Química Verde que foram utilizados para cada invenção.

PREMIAÇÕES	CATEGORIAS & INSTITUIÇÕES	INVENÇÕES	APLICAÇÕES	PRINCIPIOS DA QUÍMICA VERDE
(2009)	**(1) Academia**: *Carnegie Mellon University*	Produção de polímeros a partir da ATRP - *Atom Transfer Radical Polymerization*. Este processo utilizou um químico verde, como o Ácido Ascórbico (vitamina C).	Produção de selantes, revestimentos, adesivos, lubrificantes, aditivos, pigmentos, dispersantes e materiais para eletrônica, biomedicina, saúde e beleza.	**3, 4, 7,12**
	(2) Pequenas empresas: *Virent Energy Systems, Inc.*	Desenvolvimento de Processo *BioForming*®, ou seja, uma conversão catalítica, base aquosa, para produção de combustível líquido a partir de fontes naturais, como: açúcar, amido e celulose.	Produção de gasolina, diesel e combustível para avião.	**3, 4, 5, 7, 9, 12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Eastman Chemical Company*	Desenvolvimento de Processo biocatalítico, sem solvente, para produção de ingredientes (ésteres), que são utilizados na linha cosmética.	Produção de especialidades químicas, emolientes e emulsificantes.	**3, 4, 5, 6, 7, 9,12**

	(4) Condições alternativas de reação: *CEM Corporation*	Criação de um instrumento analítico inovador, para identificar de forma rápida e eficiente, as proteínas presentes em amostras de alimentos, sem necessitar do uso de químicos perigosos ou altas temperaturas.	Utilização em laboratórios ou em linha de produção, com o objetivo de checar a entrada das matérias-primas.	**6, 8, 9, 11, 12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *The Proctor & Gamble Company, Cook Composites* e *Polymers Company*	Desenvolvimento de resinas *Chempol® MPS* a partir de Ésteres de Sucrose (biobase chamada *Sefose®),* permitindo a produção de tintas e revestimentos alquídicos de alta performance e baixo VOC.	Aplicação em acabamentos arquitetônicos, no setor metal-mecânica e equipamentos para agricultura e construção.	**3, 4, 5, 7,12**
(2008)	**(1) Academia:** *Michigan State University*	Desenvolvimento de método catalítico para fabricação de Ésteres Borônicos sob condições amenas e com mínima geração de resíduos perigosos.	Aplicação em fármacos e pesticidas.	**4, 6, 9,12**
	(2) Pequenas empresas: *SiGNa Chemistry, Inc.*	Desenvolvimento de um estabilizador de metais alcalinos (ex.: Sódio e Lítio) para obtenção de sínteses seguras e sustentáveis.	Remoção de Enxofre de combustíveis, estocagem de hidrogênio e remediação de resíduos perigosos. Para a Indústria Farmacêutica, em particular, os metais alcalinos podem acelerar o descobrimento e a produção de drogas.	**9, 12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Battelle*	Desenvolvimento e comercialização de tintas para cartuchos a partir de fontes renováveis, como óleo de soja e proteína do milho.	Utilização em cartuchos para impressão, facilitação do processo de reciclagem do papel.	**3, 4, 7, 10,12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Nalco Company*	Desenvolvimento de Tecnologia 3D (TRASAR®) para monitorar as condições da água de resfriamento de diversos processos, a fim de adicionar-se apenas a quantidade necessária	Controlar o crescimento microbiológico, deposição mineral e corrosão,	**1, 8, 9, 11, 12**

		de produtos químicos.	provocados pelo sistema de resfriamento de água.	
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *Dow AgroSciences LLC*	*Spinetoram*: Produto Natural obtido através da engenharia molecular. Desenvolvido para o controle de "pragas" de árvores frutíferas, de nozes, pequenas frutas e vegetais.	Aplicação em agricultura.	**9, 12**
(2007)	**(1) Academia:** *University of Texas at Austin*	Formação de ligação Carbono-Carbono através de Hidrogênio e catalisador metálico.	Conversão de químicos simples em substâncias complexas. Este método é útil para produtos farmacêuticos e pesticidas.	**1, 2, 8, 9, 12**
	(2) Pequenas empresas: *NovaSterilis Inc.*	Esterilização de utensílios médicos utilizando-se CO_2 supercrítico.	Aplicação em Indústria Farmacêutica.	**5, 12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Oregon State University; Columbia Forest Products* e *Hrcules Incorporated (*agora *Ashland Inc.)*	Desenvolvimento e aplicação comercial de adesivos para madeira a base de soja.	Aplicação da Indústria da Construção	**3, 4, 7,10, 11,12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Headwaters Technology Innovation*	Síntese direta de peróxido de hidrogênio por Tecnologia Nanocatalítica Seletiva.	O peróxido de hidrogênio deve ser aplicado como um agente oxidante ambientalmente correto.	**3, 4, 8, 9, 12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *Cargill, Incorporated*	Desenvolvimento de Polióis (Poliuretanos) (*BIOH*^{TM}) a base de óleo vegetal.	Aplicação em espumas, mobílias, decoração, cama, isolante térmico,	**3, 4, 7,10,11,12**
(2006)	**(1) Academia:** *University of Missouri-Columbia*	Desenvolvimento de Propileno Glicol e monômeros a partir de glicerina natural.	O propileno glicol (grau industrial) é aplicado na fabricação de resinas poliésteres, tintas à base de látex e também atua como lubrificante e plastificante.	**3, 4, 7, 10,11,12**
	(2) Pequenas empresas: *Arkon Consultants, NuPro Technologies, Inc. (*agora *Eastman Kodak Company)*	Criação de solventes ambientalmente seguros, devido às reclamações na Indústria de Impressora	Aplicação na Indústria de Impressão Flexográfica	**1, 3, 4, 5, 7,12**

		Flexográfica.		
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Merck & Co., Inc.*	Desenvolvimento de Sínteses Verdes para produção de β-aminoácidos a partir de ingredientes ativos da *Januvia*™ (medicamento para 2 tipos de diabetes).	Aplicação na Indústria Farmacêutica.	**1, 8, 9, 12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Codex, Inc*	Criação de biocatálise para produção de um importante medicamento para baixar colesterol – o *Lipitor*®.	Aplicação na Indústria Farmacêutica.	**1, 8, 9, 12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *S.C. Johnson & Son, Inc.*	Desenvolvimento do processo *Greenlist*™ para reformulação e otimização de produtos	Aplicação na Indústria Farmacêutica	**1, 8, 9, 12**
(2005)	**(1) Academia:** *The University of Alabama*	Utilização de Líquidos Iônicos para dissolver e processar celulose, facilitando o desenvolvimento de novos produtos.	Preparação de misturas e materiais compósitos, de um modo geral, auxilia os processos químicos.	**1, 3,4,6,7,10,11,12**
	(2) Pequenas empresas: *Metabolix, Inc.*	Produção de plásticos naturais (PHA) através da biotecnologia.	Aplicações diversas, como: artefatos domésticos, utensílios, automóveis, etc.	**1,3,4,7,9,10,11,12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Archer Daniels Midland Company, Novozymes Merck & Co., Inc.*	Desenvolvimento do ingrediente *NovaLipid*™: produzido por Interesterificação Enzimática de óleos vegetais através do *Lipozyme*®	Aplicação em Indústria de Alimentos	**3, 4,5,10, 7, 9, 12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Basf Corporation*	Desenvolvimento de Primer Eco-eficiente: cura a partir de luz Ultra-violeta, composto por apenas 1 componente e baixa emissão de VOC.	Aplicação nas Indústrias de Construção e Automobilista	**1,3,4,7,11,12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *Archer*	Desenvolvimento de agente coalescente reativo	Aplicação em Indústria da Construção	**1,3,4,7,11,12**

	Daniels Midland Company	para tintas látex (*Archer RC*™): não volátil e baixo índice de VOC		
(2004)	**(1) Academia:** *Georgia Institute of Tecnology*	Desenvolvimento de solvente verde (CO_2 supercrítico) que atua simultaneamente em processos reacionais e de separação.	Aplicação nas Indústrias Química e Farmacêutica	**1,3,4,11,12**
	(2) Pequenas empresas: *Jeneil Biossurfactant Company*	Aplicação de alternativa natural e de baixa toxicidade para sintetizar surfactantes - Biossurfactante *Rhamnolipidio*	Aplicações diversas: setores cosméticos, higiene e limpeza, emulsão polimérica, etc.	**1,3,4,9,10,11,12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Bristol-Myers Squibb Company*	Desenvolvimento de Síntese Verde para produção de *Taxol*® (medicamento anti-câncer) via planta celular de Fermentação e Extração	Aplicação em Indústria Farmacêutica	**1, 8, 9, 12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Buckman Laboratories International, Inc.*	Desenvolvimento de nova tecnologia enzimática - *Optimyze*®. Com finalidade de otimização do processo de reciclagem de papel.	Aplicação em processo de reciclagem de papel.	**5, 9, 12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *Engelhard Corporation (*agora *Basf Corporation)*	Desenvolvimento de pigmentos orgânicos *Engelhard Rightfit*™, promovendo a redução do impacto ambiental, melhoria de desempenho e valor.	Aplicação na Indústria de Alimentos.	**3, 4,5,7, 9, 10,12**
(2003)	**(1) Academia:** *Polytechnic University*	Desenvolvimento de novas opções de polimerização branda e seletiva através de lipases. (obtenção de poliésteres)	Aplicação nas Indústrias Química e Construção	**1,3,4,6,9,11,12**
	(2) Pequenas empresas: *AgraQuest, Inc.*	Desenvolvimento de Biofungicida efetivo e	Aplicação na Agricultura.	**1,3,4,8,9,10,12**

		ecologicamente correto (*Serenade*®)		
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Sud-Chemie Inc.*	Desenvolvimento de processos livre de efluentes aquosos para sínteses catalíticas de óxidos sólidos.	Aplicado na produção de hidrogênio e combustíveis limpos.	**1,3,4,8,9,10,12**
	(4) Condições alternativas de reação: *DuPont*	Produção microbiológica do 1,3-propanodiol.	Utilizado na fabricação de polímeros	**1,3,4,9,11,12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *Shaw Industries, Inc.*	Produção de revestimento - *EcoWorx*™. Este desenvolvimento baseou-se na Análise do Ciclo de Vida do Produto.	Aplicação na Indústria da Construção	**1,3,6,7,10,11,12**
(2002)	**(1) Academia:** *University of Pittsburgh*	Desenvolvimento de materiais não fluorados, altamente solúveis em CO_2	Aplicação na Indústria Química para atender outros setores, inclusive a Construção.	**5,10,12**
	(2) Pequenas empresas: *SC Fluids, Inc.*	Criação da tecnologia SCORR— *Supercritical CO_2 Resist Remover*	Aplicação em Indústria de Semicondutores.	**1,6,8,11,12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Pfizer, Inc.*	Utilização da Química Verde para redesenhar o *Processo Sertraline*	Aplicação na Indústria Farmacêutica	**1,5,6,8,9,12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Cargill Dow LLC (*agora *NatureWorks LLC)*	Desenvolvimento de um processo para obtenção do Ácido Poliacético (PLA) natural - *NatureWorks*™	Aplicação na Indústria da Construção e Têxtil.	**1,3,4,5,6,7,8,9,10,12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *Chemical Specialties, Inc. (CSI) (*agora *Viance)*	Desenvolvimento de preservativos para madeira ecologicamente corretos - *ACQ Preserve*®	Aplicação na Indústria da Construção.	**1,3,4,12**
(2001)	**(1) Academia:** *Tulane University*	Desenvolvimento de método catalítico quase natural (em ar e água), através do uso de metais de transição.	Aplicação na Indústria Química	**1,3,4,6,9,12**
	(2) Pequenas empresas: *EDEN Bioscience Corporation*	Desenvolvimento de um produto que aplica a Q.V. na produção de plantas e	Aplicação na Agricultura.	**3,4,5,7,9,10,12**

		alimentos seguros - *Messenger®*		
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Bayer Corporation, Bayer AG (*tecnologia adquirida pela *LANXESS)*	Desenvolvimento do *Baypure™ CX* (*Sodium Iminodisuccinate*): Agente quelante biodegradável e ecologicamente correto.	Aplicação em detergentes, fertilizantes e cosméticos.	**1,3,4,7,8,9,10,12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Novozymes North América, Inc.*	Desenvolvimento da tecnologia *BioPreparation™* - separação enzimática da cera, óleo e contaminantes do algodão	Aplicação na Indústria Têxtil	**3,4,9,10,12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *PPG Industries*	Desenvolvimento de primer a base de Ítrio de Chumbo como suplente para eletrodeposição catiônica em revestimentos	Aplicação na Indústria de Automóvel	**3,4,9,12**
(2000)	**(1) Academia:** *The Scripps Research Institute*	Utilização em larga escala de enzimas nas sínteses orgânicas	Aplicação na Indústria Química e Farmacêutica	**1,3,4,5,8,9,12**
	(2) Pequenas empresas: *RevTech, Inc.*	Desenvolvimento da tecnologia *Envirogluv™*: utilizada para decorar vidro e cerâmica através da cura por radiação	Aplicação na Indústria Química e de Decoração de vidro	**1,3,4,6,9,10,12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Roche Colorado Corporation*	Desenvolvimento de processo eficiente para produção de *Cytovene®* (potente agente antiviral)	Aplicação na Indústria Farmacêutica	**1,8,9,12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Bayer Corporation, Bayer AG*	Desenvolvimento de poliuretano, a base de água, bicomponente destinado para revestimento	Aplicação na Indústria de Construção.	**1,3,4,6,9,12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *Dow AgroSciences LLC*	Desenvolvimento do *Sentricon™*, novo sistema para controle de cupim	Aplicação de pesticidas ecologicamente corretos	**1,3,4,12**
(1999)	**(1) Academia:** *Stanford University*	Desenvolvimento do *TAML™* (agente oxidante). Ativação do peróxido de	Fabricação de papel, remoção de manchas de roupas	**1,3,4,6,8,9,10,12**

		hidrogênio para tecnologia de oxidação verde		
	(2) Pequenas empresas: *Biofine, Inc. (*agora *BioMetics, Inc.)*	Conversão, de baixo custo, de resíduos de biomassa em ácido levulínico e derivados	Aplicação na Indústria Química, fabricação de produtos poliméricos utilizados na Construção	**1,3,4,6,9,12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Lilly Research Laboratories*	Aplicação prática da biocatálise na Indústria Farmacêutica	Aplicação na Indústria Farmacêutica	**1,8,9,12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Nalco Chemical Company*	Desenvolvimento e comercialização de *ULTIMER®* - dispersão polimérica em água	Aplicação para tratamento de água industrial e municipal.	**1,3,4,9,10,12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *Dow AgroScience LLC*	Desenvolvimento do *Spinosad* – um novo produto natural para controle de insetos	Aplicação na Agricultura	**9,12**
(1998)	**(1) Academia:** *Stanford University* e *Michigan State University*	Desenvolvimento do conceito de Economia Atômica	Aplicação na Indústria Química	**1,2,3,4,7,8,9,10,12**
	(2) Pequenas empresas: *PYROCOOL Technologies, Inc.*	Desenvolvimento de tecnologia para extinção de fogo e agente de arrefecimento (ecologicamente corretos)	Aplicação em incêndio - Bombeiro	**1,3,4,10,12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Flexsys América L.P.*	Eliminação de Cloro na Síntese de 4 –amino-difenilamina. Um novo processo que utiliza Substituição Aromática Nucleofílica de Hidrogênio	Aplicação em preservantes para borrachas.	**1,4,8,9,12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Argone National Laboratory*	Desenvolvimento de processo baseado em membranas para produção de solventes orgânicos partindo de açúcar. Uma "substituição verde" dos solventes halogenados e tóxicos.	Aplicação na Indústria Química para substituição do cloreto de metileno, solventes halogenados (CFC), etileno glicol éter, percloroetileno e clorofórmio.	**1,3,4,7,8,9,10,12**
	(5) Desenhos de produtos químicos	Invenção e comercialização de	Aplicação na Agricultura.	**1,3,4,12**

	mais seguros: *Rhom and Haas Company (*agora *The Dow Chemical Company)*	um novo produto químico da família dos inseticidas (ex.: *CONFIRMAR* ™ Agente de Controle Seletivo Caterpillar e os relacionados *MACH* 2 ™ e *INTREPID* ™).		
(1997)	**(1) Academia:** *University of North Carolina at Chapel Hill* e *North Carolina State University*	Concepção e aplicação de surfactantes através de dióxido de carbono (solvente supercrítico)	Aplicação em detergentes.	**1,3,4,5,7,8,9,10,12**
	(2) Pequenas empresas: *Legacy Systems, Inc.*	Desenvolvimento de Tecnologia úmida para remoção de corrosão através de água e oxigênio (*Coldstrip*™)	Aplicação em semicondutores e micromáquinas	**1,3,4,5,6,8,12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *BHC Company (*agora *Basf Corporation)*	Desenvolvimento de Processo de produção do *BHC Ibuprofen*	Aplicação na Indústria Farmacêutica	**1,3,4,6,8,12**
	(4) Condições alternativas de reação: *Imation (*tecnologia adquirida pela *Eastman Kodak Company)*	Desenvolvimento do Sistema *DryView*™ *Imaging Systems*	Aplicação em Indústrias que utilizam películas pancromáticas.	**1,8,12**
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *Albright & Wilson Américas (*agora *Rhodia)*	Desenvolvimento da nova classe da Química Microbiana - *THPS Biocides*	Aplicação em sistema de tratamento de água industrial	**1,3,4,8,10,12**
(1996)	**(1) Academia:** *Texas A&M University*	Conversão de resíduos de biomassas em produtos para alimentação animal, produtos químicos industriais e combustíveis	Aplicação nas Indústrias de Alimentos e Química em geral.	**1,3,4,5,6,8,10,12**
	(2) Pequenas empresas: *Donlar Corporation (*agora *NanoChem Solutions, Inc.)*	Produção e utilização de ácido poliaspártico térmico	Aplicação como nutriente para agricultura e tratamento de água.	**1,3,4,7,8,10,12**
	(3) Rotas sintéticas alternativas: *Monsanto Company*	Desenvolvimento de Tecnologia para Desidrogenação Catalítica da Dietanolamina	Aplicação nas Indústrias Farmacêuticas, Química e na Agricultura	**1,3,4,6,8,9,12**
	(4) Condições alternativas de	Utilização de 100% de Dióxido	Utilização no mercado de	**3,4,6,8,12**

	reação: *The Dow Chemical Company*	de Carbono como agente "soprante" para a fabricação de folhas de espuma de poliestireno	embalagens	
	(5) Desenhos de produtos químicos mais seguros: *Rhom and Haas Company (*agora *The Dow Chemical Company)*	Desenvolvimento de um agente anti-encrustante (ecologicamente correto) para cascos de navio	Utilização na Indústria Naval.	**1,3,4,10,12**

Fonte: Elaboração própria.

Com base nos dados obtidos a partir do programa de premiação às inovações "verdes" dos Estados Unidos, ora expostos na tabela anterior, podem-se extrair várias observações, conforme a seguir.

5.2 A Tendência na utilização dos Princípios da Química Verde nas Empresas Químicas Americanas segundo as diferentes Áreas de Aplicação de suas Invenções

5.2.1 Empresas Químicas Americanas premiadas

Em relação ao universo das **54 empresas americanas premiadas**, destacam-se, em ordem decrescente do ano de suas pesquisas, as seguintes empresas: **(1)** *Virent Energy Systems, Inc.;* **(2)** *Eastman Chemical Company;* **(3)** *CEM Corporation;* **(4)** *Procter & Gamble Company;* **(5)** *Cook Composites;* **(6)** *Polymers Company;* **(7)** *SiGNa Chemistry, Inc;* **(8)** *Battelle;* **(9)** *Nalco Company;* **(10)** *Dow AgroSciences LLC;* **(11)** *NovaSterilis Inc.;* **(12)** *Columbia Forest Products;* **(13)** *Ashland Inc.;* **(14)** *Headwaters Technology Innovation;* **(15)** *Cargill, Inc.;* **(16)** *Arkon Consultants;* **(17)** *Kodak Company;* **(18)** *Merck & Co., Inc.;* **(19)** *Codex, Inc.;* **(20)** *S.C. Johnson & Son, Inc.;* **(21)** *Metabolix, Inc.;* **(22)** *Archer Daniels Midland Company;* **(23)** *Novozymes Merck & Co., Inc.;* **(24)** *Basf Co.;* **(25)** *Jeneil Biossurfactant Co.;* **(26)** *Bristol-Myers Squibb Co.;* **(27)** *Buckman Laboratories International, Inc.;* **(28)** *AgraQuest, Inc.;* **(29)** *Sud-Chemie Inc.;* **(30)** *DuPont;* **(31)** *Shaw Industries, Inc.;* **(32)** *SC Fluids, Inc.;* **(33)** *Pfizer, Inc.;* **(34)** *NatureWorks LLC;* **(35)** *Viance;* **(36)** *EDEN*

Bioscience Co.; **(37)** *Bayer Corporation;* **(38)** *Bayer AG;* **(39)** *Novozymes North America, Inc.;* **(40)** *PPG Industries;* **(41)** *RevTech, Inc.;* **(42)** *Roche Colorado Co.;* **(43)** *BioMetics, Inc.;* **(44)** *Lilly Research Laboratories;* **(45)** *Nalco Chemical Co.;* **(46)** *Pyrocool Technologies, Inc.;* **(47)** *Flexsys America L.P.;* **(48)** *Argone National Laboratory;* **(49)** *Dow Chemical Co.;* **(50)** *Legacy Systems, Inc.;* **(51)** *Imation;* **(52)** *Rhodia;* **(53)** *NanoChem Solutions, Inc.;* **(54)** *Monsanto Co.*

Estas 54 empresas demonstraram tendências em aplicar suas inovações "verdes", as quais serão apresentadas na tabela 5.2 a seguir. Nesta tabela, encontra-se a relação das empresas segundo a utilização dos 12 princípios da Química Verde e a área de aplicação de suas invenções.

Tabela 5.2 – As 54 empresas americanas X Princípios da Química Verde X Áreas de aplicação

EMPRESAS AMERICANAS	PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE	ÁREAS DE APLICAÇÃO
AgraQuest, Inc. *Dow AgroScience LLC* *Dow Chemical Corporation* *EDEN Bioscience Corporation* *NanoChem Solutions, Inc.*	**1,3,4,5,7,8,9,10,12**	Agricultura
Archer Daniels Midland Company *Novozymes Merck & Co., Inc.*	**3,4,5,7,9,10,12**	Alimentos
Sud-Chemie Inc. *Virent Energy Systems, Inc.*	**1,3,4,5,7,8,9,10,12**	Biocombustível
Bayer AG *Bayer Corporation* *Eastman Chemical Company* *Jeneil Biossurfactant Company* *Basf Corporation* *Bristol-Myers Squibb Company* *Codex, Inc.* *Lylli Research Laboratories* *Merck & Co., Inc.* *Pfizer, Inc.* *Roche Colorado Corporation* *S.C. Johonson & Son, Inc.*	**1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12**	Biocosmético Farmácia

Dow Chemical Company *RevTech, Inc.*	**1,3,4,6,8,9,10,12**	Decoração de vidro Embalagens
Dow Chemical Company	**1,3,4,10,12**	Indústria Naval
Arkon Consultant *Battelle* *Eastman Kodak Company* *Imation*	**1,3,4,5,7,8,10,12**	Impressão Flexográfica Informática Películas Pancromáticas
Argone National Laboratory *NovaSterilis Inc.* *S.C. Fluids, Inc.*	**1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12**	Líquido supercrítico
Buckman Laboratories International, Inc. *CEM Corporation* *Headwaters Technology Innovation* *Legacy Systems, Inc.* *Monsanto Company* *Nalco Company* *Pyrocool Technologies, Inc.* *SiGNa Chemistry, Inc.*	**1,3,4,5,6,8,9,11,12**	Biotecnologia Nanocatálise Tecnologia Verde
Novozymes North America, Inc.	**3,4,9,10,12**	Indústria Têxtil
Archer Daniels Midland Company *Ashland Inc.* *Basf Corporation* *Bayer AG* *Bayer Corporation* *BioMetics, Inc.* *Cargill, Incorporated* *Columbia Forest Products* *Cook Composites* *Flexsys America LP* *Metabolix, Inc.* *NatureWorks LLC* *Polymers Company* *PPG Industries* *Shaw Industries, Inc.* *The Proctor & Gamble Company* *Viance*	**1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12**	**INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO**
Rhodia *Nalco Chemical Company*	**1,3,4,8,10,12**	Tratamento de água

Fonte: Elaboração própria

5.2.2 Análise segundo a área de aplicação das Inovações "Verdes"

A tabela 5.2 mostra as 12 áreas de aplicação das inovações "verdes" americanas, com destaque em cinza claro para a Indústria da Construção. Para esta Indústria foram contempladas 17 empresas americanas, o que representa 31,5% das 54 empresas pertencentes ao programa de premiação. Este é um valor considerável, indicando a **tendência da ascensão de produtos ecologicamente corretos para a Construção, contribuindo de forma favorável para o mercado de *Green Building*.**

Outras 3 áreas também demonstraram tendências na implantação dos princípios da Química Verde, como: Agricultura; (Cosméticos / Farmácia) e (Tecnologia "Verde" / Nanocatálise / Biotecnologia). Ainda de acordo com a tabela 5.2, o setor agrícola englobou 5 empresas; o setor farmacêutico e cosmético foi representado por 12 empresas e por último, o setor de desenvolvimento de tecnologia "verde", nanocatálise e biocatálise incluíram 8 empresas.

As 8 áreas restantes tiveram pouca participação empresarial. A seguir serão citadas as 8 áreas e entre parênteses a quantidade das empresas atuantes em cada uma delas: Alimentos (2); Biocombustível (2); Decoração de vidros / Embalagens (2); Indústria Naval (1); Informática / Impressão Flexográfica[51] / Películas Pancromáticas[52] (4); Líquidos Supercríticos (3); Indústria Têxtil (1) e Tratamento de água (2). O gráfico 5.1 a seguir apresenta a distribuição percentual dos dados analisados das empresas americanas por área de aplicação das inovações "verdes". Este gráfico tem o objetivo de demonstrar claramente a tendência das inovações "verdes" americanas segundo o programa de premiação PGCC da EPA.

[51] Sistema de impressão que utiliza fôrma moldada em plástico ou borracha.
[52] Películas multicoloridas.

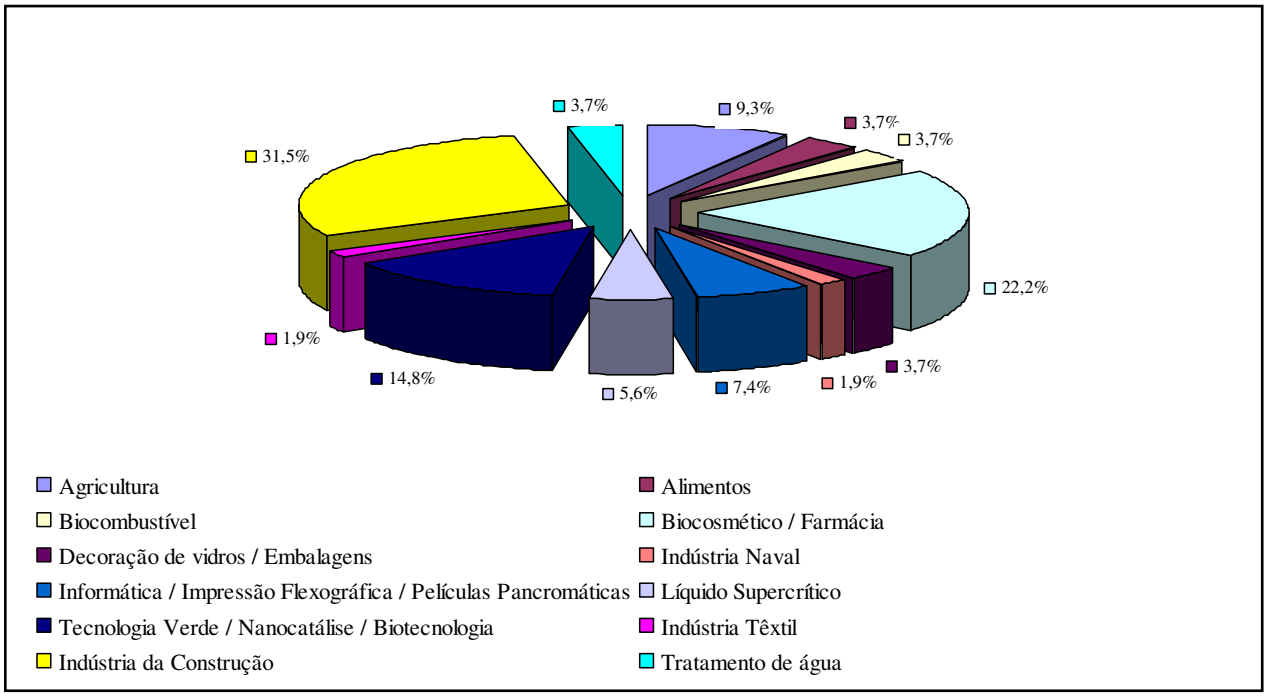


Gráfico 5.1 – Distribuição percentual das empresas americanas por áreas de aplicação das inovações verdes, segundo o PGCC. (1996-2009)

Fonte: Elaboração própria

5.2.3 Análise segundo os Princípios da Química Verde utilizados para as Inovações na Indústria da Construção

Os Princípios da Química Verde utilizados para as inovações na Indústria da Construção foram praticamente todos, ficando implícito apenas o segundo princípio, sendo este a Economia de Átomos. Outras duas áreas demonstraram a mesma tendência, sendo estas: Biocosméticos / Farmácia e a aplicação de Líquidos Supercríticos, com 12 empresas e 3 empresas, respectivamente. Essa tendência permite concluir que **as 3 áreas de maior plenitude na aplicação dos princípios "verdes" nos Estados Unidos são, nesta ordem: a Indústria da Construção; Biocosméticos / Farmácia e Líquidos Supercríticos.**

Ainda sobre a tabela 5.2, é notável que todas as 12 áreas aplicaram 3 princípios da Q.V., sendo estes: o 3º, o 4º e o 12º princípios. Dessa forma, podem ser considerados 3 fatores

essenciais quando se deseja inovar de forma sustentável, independente da área de aplicação de tal inovação, sendo estes: (i) preocupação em desenvolver reações com compostos de menor toxicidade; (ii) geração de produtos mais seguros; e por último, (iii) a busca por uma Química segura prevenindo acidentes.

É importante destacar que estes princípios englobam os 3 conceitos do Desenvolvimento Sustentável, já que, a prática de uma Química segura garante a proteção ambiental e a prevenção de acidentes, não apenas ao meio ambiente como em relação a integridade da saúde dos trabalhadores e consumidores (alcançando o âmbito social e ambiental). Uma vez estes 2 pontos alcançados, automaticamente temos um desenvolvimento econômico sustentável.

A tabela 5.3 a seguir evidencia a tendência das 3 áreas (Biocosmético / Farmácia; Líquidos Supercríticos; Indústria da Construção) que aplicam os Princípios da Química Verde em sua plenitude nos Estados Unidos e juntamente demonstra a prática dos 3 princípios da Q.V. (3º; 4º e 12º princípios) em todas as áreas de aplicação das inovações "verdes", segundo o programa de premiação PGCC da EPA.

Tabela 5.3 – Áreas de aplicação x Princípios da Q.V.

ÁREAS DE APLICAÇÃO	**PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE**											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Agricultura	x		**x**	**x**	x		x	x	x	x		**x**
Alimentos			**x**	**x**			x		x			**x**
Biocombustível	x		**x**	**x**	x		x	x	x	x		**x**
Biocosmético / Farmácia	**x**		**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
Decoração de vidros / Embalagens	x		**x**	**x**		x		x	x	x		**x**
Indústria Naval	x		**x**	**x**						x		**x**
Informática / Impressão Flexográfica / Películas Pancromáticas	x		**x**	**x**	x		x	x		x		**x**
Líquido Supercrítico	**x**		**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
Tecnologia Verde / Nanocatálise / Biotecnologia	x		**x**	**x**	x	x		x	x		x	**x**
Indústria Têxtil			**x**	**x**					x	x		**x**
Indústria da Construção	**x**		**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
Tratamento de Água	x		**x**	**x**				x		x		**x**

Fonte: Elaboração própria

O gráfico 5.2 a seguir, mostra claramente as 3 áreas de aplicação que se sobressaem quanto a utilização de praticamente todos os 12 princípios da Q.V., isto é, as áreas mais verdes.

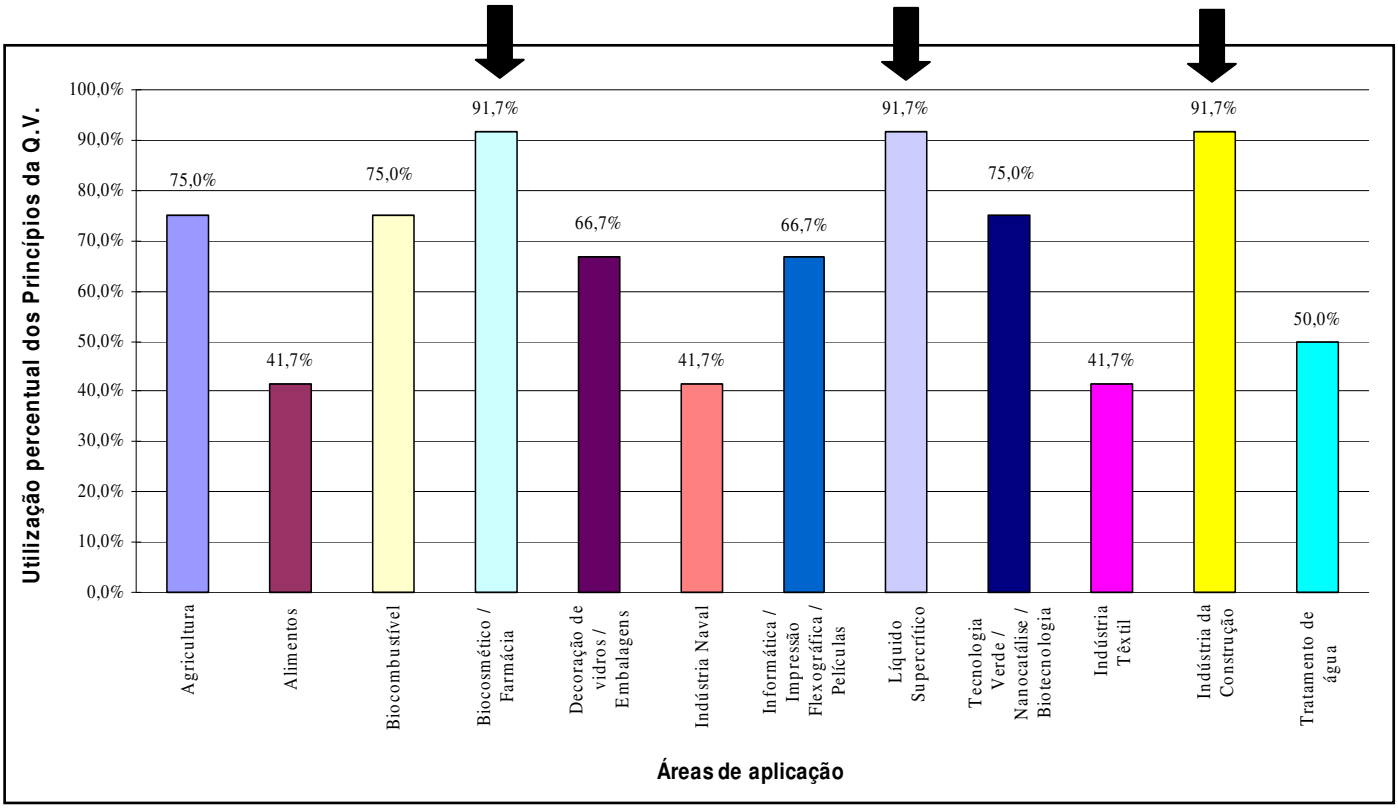


Gráfico 5.2 – Destaque para as 3 áreas de aplicação mais verdes

Fonte: Elaboração própria

Em percentuais de utilização dos 12 princípios da Q.V. (ver gráfico 5.2), temos o seguinte: as 3 áreas mais "verdes" são aquelas com percentual de 91,7% (Biocosméticos / Farmácias; Líquidos Supercríticos e Indústria da Construção); em segundo lugar encontram-se 3 áreas com 75,0% (Agricultura; Biocombustível e Tecnologia "Verde" / Nanocatálise / Biocatálise); em terceiro estão 2 áreas com 66,7% (Decoração de vidros / Embalagens; Informática / Impressão Flexográfica / Película Pancromática); em quarto temos 1 área com 50,0% de utilização dos princípios "verdes" (Tratamento de água) e por último, com 41,7% estão 3 áreas (Alimentos; Indústria Naval e Indústria Têxtil).

5.2.4 Análise segundo as Invenções "Verdes" produzidas para a Indústria da Construção:

A partir da tabela 5.2, observam-se em destaque na cor cinza claro, os produtos desenvolvidos de forma ecologicamente correta destinados especificamente para a Indústria da Construção. Isto demonstra uma tendência para o surgimento dos seguintes materiais "verdes": Tintas e Vernizes ecológicos; Primer Ecoeficiente; Bioadesivos e Biopreservativos para madeira; Biopoliuretano; Eco-revestimento para pisos e Ácido Poliacético (PLA) natural para fabricação de polímeros biodegradáveis.

É importante ressaltar que de todos os produtos "verdes" desenvolvidos para aplicação na Construção, **os setores de Tintas e Vernizes e Biopolímeros de um modo geral representaram a maior tendência em mudanças na Química**. Isto permite considerar que estes 2 setores estão bastante conscientes dos impactos causados ao meio ambiente e que a Química Verde significa uma importante ferramenta para modificação do alarmante quadro ambiental.

ETAPA II: Cruzamento das Inovações Americanas *vis-à-vis* a Indústria Química Brasileira

Conforme apresentado no capítulo que descreve a metodologia deste trabalho, nesta segunda etapa avaliou-se a Indústria Química Brasileira e a implantação da Química Verde em materiais consumidos pelo Setor da Construção, através do cruzamento dos dados obtidos na etapa anterior. O objetivo do referido cruzamento foi comparar a tendência das 2 nações – Brasil x Estados Unidos – com relação à aplicação dos princípios da Q.V. na Indústria Química, possibilitando avaliar os impactos na Indústria da Construção.

5.3 Comparação da Conduta "Verde" entre as Empresas Americanas e Brasileiras frente à Indústria da Construção

A análise da conduta "verde" americana realizada anteriormente gerou dados importantes que servirão de base comparativa para esta segunda etapa do trabalho. A tabela 5.4 a seguir expõe os dados que serão utilizados mais adiante.

Tabela 5.4 – Conduta "Verde" Americana segundo o Programa de Premiação da EPA.

PRODUTOS "VERDES" PARA CONSTRUÇÃO	PRINCÍPIOS DA Q.V.	EMPRESAS AMERICANAS
Biopolímeros para tintas e revestimento	3,4,5,7,12	Proctor & Gamble Cook Composites Polymers Company
Adesivos para madeira a base de soja	3,4,7,10,11,12	Columbia Forest Products Ashland Inc.
Polióis a base de óleo vegetal	3,4,7,10,11,12	Cargill, Inc.
Plásticos naturais (PHA)	1,3,4,7,9,10,11,12	Metabolix, Inc.
Primer ecoeficiente	1,3,4,7,11,12	Basf Corporation
Agente coalescente para tintas	1,3,4,7,11,12	Archer Daniels Midland Company
Produção microbiológica do 1,3 – propanodiol para polímeros	1,3,4,9,11,12	DuPont
Eco-revestimento para pisos	1,3,6,7,10,11,12	Shaw Industries, Inc.
Ácido Poliacético natural (PLA) para fabricação de polímeros	1,3,4,5,6,7,8,9,10,12	NatureWorks LLC
Preservativos ecologicamente corretos para madeira	1,3,4,12	Viance
Poliuretano base água	1,3,4,6,9,12	Bayer Corporation Bayer AG
Ácido levulínico biológico para produção de polímeros	1,3,4,6,9,12	BioMetics, Inc.

Fonte: Elaboração própria

A tabela 5.4 anterior, é um resumo da análise dos 12 produtos "verdes" produzidos pelas 16 empresas americanas e os princípios da Q.V. utilizados para o desenvolvimento de materiais ecologicamente corretos para a Construção. Destaca-se a predominância americana pela produção de polímeros "verdes" e produtos utilizados no ramo de tintas.

Em seguida, para se realizar a comparação da conduta das empresas brasileiras com as americanas, foi realizada uma pesquisa por produtos químicos nacionais e seus fabricantes segundo informações fornecidas pela Abiquim.

5.3.1 Empresas Americanas x Empresas Brasileiras

A seguir, serão apresentadas as observações obtidas pelas premiações divulgadas pela EPA e o cruzamento dos dados com as empresas brasileiras atuantes na área. Vale ressaltar que apenas entraram na análise as inovações "verdes" desenvolvidas por empresas, já que o objetivo era a comparação entre **empresas "verdes" nacionais e americanas**.

Primeiramente, serão apresentadas as empresas americanas premiadas e suas respectivas inovações e posteriormente o cruzamento com as inovações brasileiras. No total foram 12 cruzamentos, conforme pode ser observado a partir do próximo item.

5.3.1.1 Empresas Americanas:

Proctor & Gamble Company*; *Cook Composites* e *Polymers Company

Estas empresas desenvolveram resinas a partir de ésteres de sucrose para produção de **tintas e revestimento alquídicos ecologicamente corretos**. As tintas alquídicas convencionais a base de óleo são mais duráveis e promovem melhores acabamentos, porém utilizam solventes perigosos. O desenvolvimento de tintas a base de óleos vegetais substituem os solventes originados do petróleo.

Este novo desenvolvimento partiu de fontes naturais, como açúcar e óleos vegetais, o que permitiu a produção de tintas alquídicas com menos da metade de solventes utilizados normalmente. O uso deste método trouxe os seguintes benefícios ambientais: redução da emissão de COV (equivalente a emissão poluente de 7.000.000 carros por ano); diminuição do impacto à camada de ozônio (aproximadamente 215.000 toneladas por ano) e substituição de óleo cru (em torno de 900.000 barris por ano).

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

As **resinas alquídicas** surgiram da necessidade de se melhorar as propriedades físico-químicas dos óleos utilizados em tintas. Os óleos apresentam o inconveniente de terem secagem muito lenta, baixa resistência às intempéries, amarelecimento,

termoplasticidade pronunciada, entre outros. Com o advento das resinas alquídicas, muitas dessas propriedades foram melhoradas em virtude da ampla possibilidade de combinação de matérias-primas.

A tabela 5.5 a seguir apresenta os fabricantes brasileiros de resinas alquídicas, as matérias-primas necessárias para produzi-los e suas principais aplicações.

Tabela 5.5 – Fabricantes brasileiros de resinas alquídicas

FABRICANTES	MATÉRIAS-PRIMAS	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
Acebras	Aidrido ftálico, anidrido maléico, colofônia, óleos, pentaeritritol	Tintas e vernizes
Akzo Nobel	**Aidrido ftálico, óleos, pentaeritritol**	**Consumo próprio, tintas e vernizes**
Ashland	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Tintas e vernizes
Betel	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Tintas e vernizes
Coral	Aidrido ftálico, óleos, glicerina, pentaeritritol	Tintas e vernizes
Dissoltex	Aidrido ftálico, anidrido maléico, colofônia, óleos, glicerina	Consumo próprio
DuPont	**Aidrido ftálico, óleos, glicerina**	**Consumo próprio**
Durlin	Aidrido ftálico, óleos, glicerina, pentaeritritol	Consumo próprio, tintas e vernizes
General	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Tintas e vernizes
Iguatu	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Tintas e vernizes
Isolasil	n.d.	Tintas e vernizes
Neoquim	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Tintas e vernizes
Nova Vulcão	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Consumo próprio
Paumar	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Consumo próprio
Quimpil	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Tintas e vernizes
Reichhold	**Aidrido ftálico, óleos, glicerina**	**Tintas e vernizes**
Renner Sayerlack	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Consumo próprio
Resicolor Tintas e Vernizes	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Consumo próprio, tintas e vernizes
SGS Polímeros	Aidrido ftálico, óleos	Tintas e vernizes
Sherwin-Williams	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Consumo próprio
Weg Tintas	Aidrido ftálico, óleos, glicerina	Consumo próprio

Legenda: n.d. – dado não disponível

Fonte: Elaboração própria

A partir da tabela anterior destacam-se algumas empresas sedes no Brasil e suas inovações "verdes", como: a ***Akzo Nobel***, a ***DuPont*** e a ***Reichhold***. Dentre estas, a *Reichhold* é um exemplo de aplicação da mesma inovação "verde" americana, isto é, utiliza resinas alquídicas a base de água.

a) Akzo Nobel:

A *Akzo Nobel* integrou-se à *ICI* em 2008, resultando na formação de uma grande empresa química. Atua em mais de 80 países sendo um dos principais fornecedores no mercado mundial de tintas e produtos químicos. Em 2007 seu faturamento líquido foi de mais de 900 milhões de reais.

A *Akzo Nobel* produz **peróxidos orgânicos para compósitos sem benzeno** e uma linha composta por **peróxidos de MEK[53] sem ftalatos**.

b) Reichhold:

Líder mundial no fornecimento de resinas poliéster insaturadas para a Indústria de Compósitos e uma das fornecedoras líderes na indústria de *Coatings* e Artes Gráficas para uma diversidade de mercados e aplicações. Opera com 18 unidades fabris, distribuídas em 11 países, que vão das Américas à Europa e Oriente Médio. No Brasil, a empresa foi fundada em 1948 e atualmente opera com 2 unidades fabris, uma em Mogi das Cruzes - SP e outra em Simões Filho - BA.

Uma novidade promovida pela empresa foi a **resina alquídica** curta, desenvolvida especialmente para **sistemas solúveis em água** amino neutralizados, que possui como vantagem a possibilidade de formulação de revestimentos para o segmento industrial. Aliando tecnologia de alto desempenho à preocupação com o meio ambiente e saúde ocupacional, ela proporciona rápida secagem aos revestimentos e excelente resistência à corrosão, tendo ainda como principal benefício à possibilidade de produtos de aplicação industrial de **menor emissão de COV no meio ambiente.**

Em 2009, a *Reichhold* desenvolveu uma **emulsão acrílica** versátil e de alto desempenho, para a formulação de revestimentos **com baixo COV** para variadas superfícies, tais como: metais, madeira e alguns tipos de plásticos de engenharia. Ela é 100% à base de água, que proporciona ao mercado de Tintas e Vernizes produtos com elevada aderência, acabamentos com alto brilho e secagem extremamente rápida, atendendo às necessidades constantes dos mercados imobiliário e industrial.

---

[53] Composto químico denominado Metil Etil Cetona e/ou MEK.

c) ***DuPont:***

A *DuPont* é uma companhia com mais de 200 anos de vida, uma das mais antigas do mundo, faturando em 2007 mais de 2 bilhões de reais. Está presente no Brasil desde 1937, quando iniciou suas atividades com um escritório de importação e distribuição de produtos. Atualmente, atua nos segmentos agrícola, químico, petroquímico, automobilístico, gráfico e nas áreas de embalagens, polímeros industriais, eletrônica, construção, decoração, segurança, papel, celulose, produtos domésticos e biotecnologia, contribuindo com o potencial de crescimento do Brasil.

Em 2009, na *Brasilplast*[54], a *DuPont* informou a plena comercialização de diversos polímeros de alto desempenho contendo **matérias-primas renováveis**, como os elastômeros termoplásticos *Hytrel*, os poliésteres termoplásticos *Sorona EP* e as Poliamidas de cadeia longa *Zytrel RS*.

5.3.1.2 Empresas americanas:

Columbia Forest Products e *Ashland Inc*.

Estas 2 empresas desenvolveram **adesivos para madeira a base de óleo de soja**, uma abundante fonte renovável, substituindo o formaldeído, substância tóxica. Para isso, foi necessária a modificação de alguns aminoácidos das proteínas da soja.

As características do novo adesivo permitiram maior eficiência adesiva, preços mais baixos e maior resistência à água. O lançamento comercial aconteceu em 2006 e possibilitou a substituição de 47 mil toneladas do adesivo convencional.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

Conforme a Abiquim, adesivos são materiais orgânicos capazes de unir duas superfícies através da força de adesão e coesão interna sem modificar significativamente as

[54] A Brasilplast 2009 foi a 12ª edição da maior feira de plástico da América Latina, realizada em São Paulo.

estruturas destes corpos. Eles participam da cadeia de produção de diversos segmentos industriais, como: papéis, Construção Civil, transportes, calçados e couros.

No Brasil, alguns fabricantes de adesivos estão apresentados na tabela 5.6 a seguir, juntamente com dados de matérias-primas utilizadas e principais aplicações.

Tabela 5.6 – Alguns fabricantes brasileiros de adesivos

FABRICANTES	MATÉRIAS-PRIMAS	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
Adecol	Amido, caseína, fécula, gelatina animal	Embalagens, gráfico
Adespec	Adesivo sem solvente e isocianatos	Construção Civil
Brascola	Adesivo a base de água	Construção Civil
Coladesi	Amido, caseína, dextrina	Embalagens, papel e celulose
Corn Products Brasil	Dextrina	Embalagens
Eka Chemicals	Colofônia	Embalagens, papel e celulose
Kolafit	Raspas e aparas de couro bovino	Abrasivo, gráfico, madeireiro, papel e celulose
Lorenz	Mandioca	Embalagens
Tanac	Casca de acácia negra	Madeireiro

Legenda: n.d. – dado não disponível

Fonte: Elaboração própria

A partir da tabela 5.6, destacam-se algumas observações sobre empresas químicas brasileiras de adesivos, conforme a seguir.

a) Adecol:

A Adecol tem 26 anos de atividade, localizada em Guarulhos-SP, em um complexo industrial com área de 10.000 m^2. Possui uma linha completa de adesivos, dos tipos PVA, **cola animal, cola vegetal e caseína**. Atende diversos segmentos de mercado onde são utilizados colas e adesivos, como gráficas, embalagens, rotulagem, editorial, auto-envelopamento, laminação, madeireiro, moveleiro, cigarros, bebidas, higiênicos, dublagens entre outros.

Os **adesivos** a base de **cola animal são de origem orgânica**; os de **cola vegetal partem do amido modificado** e os a **base de caseína são derivados da proteína do leite** obtidas por coagulação.

b) Adespec:

A *Adespec* fornece soluções de adesivos, colas e selantes de alto desempenho para indústrias, Construção Civil e uso doméstico. As soluções contribuem para a preservação da saúde do usuário e do meio ambiente. Os produtos não contêm solventes, isocianatos ou outras substâncias nocivas em suas formulações. Atualmente encontra-se no laboratório de pesquisa no *CIETEC - USP* e uma planta de fabricação em Taboão da Serra em São Paulo. Recebeu Prêmio de melhor empresa graduada em 2004, Prêmio *FINEP* de Inovação Tecnológica 2005. Devido ao seu modelo de negócio e contribuição ao desenvolvimento sustentável no Brasil, foi premiada no II Fórum de Investidores em Negócios Sustentáveis – *New Ventures Brasil* - em 2005.

Os produtos desenvolvidos pela *Adespec* partem de projetos científicos realizados juntamente com a *FAPESP* (Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), *CNPq* (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e apoiados pelos laboratórios da *USP* (Universidade de São Paulo), *IPT* (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e *IPEN* (Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares).

O *Pesilox® Revestimento* é um adesivo monocomponente a base de Poliéter Siloxano, com alto poder de adesão, fácil de aplicar, com alta durabilidade, cura neutra, resistente à água, vibrações e movimentações. Tem alto desempenho, **não contém solventes, isocianatos e possui índice de VOC muito inferior aos adesivos convencionais**. Por esses motivos, *Pesilox® Revestimento* é enquadrado como produto sustentável.

c) Brascola:

Presente no Brasil desde 1953, a *Brascola* é uma das líderes no mercado de adesivos e selantes para os segmentos do varejo e da indústria. A empresa foi a pioneira no desenvolvimento de uma linha completa de colas para o setor calçadista e também na fabricação de colas e selantes para a indústria automobilística.

A *Brascola* atua nos segmentos calçadista, moveleiro, Construção Civil, artesanato, náutico, automobilístico, utilização doméstica e indústria em geral. Entre suas principais marcas comercializadas estão alguns líderes de mercado como a cola *Araldite*, os silicones *Brascoved Construção & Geral* e *Brascoved Super*. Reforçando seu compromisso com a qualidade ambiental e as condições de trabalho, a empresa conta também com a linha de **adesivos à base d'água**, *Ecopren*, e a embalagem biodegradável do *Brascoved Construção & Geral*.

d) Coladesi:

Há mais de 30 anos, produzem e comercializam adesivos, oferecendo ao mercado uma linha de produto: Adesivos de **Base Vegetal**, amplamente utilizados em rotulagem de vários substratos, colagem de papel, cartões, cartuchos, formulários contínuos e tecidos, confecção de caixas, tubetes, barricas e fibralatas.

e) Corn Products Brasil:

A *Corn Products Brasil* é uma empresa do grupo *Corn Products International*, uma das maiores companhias de processamento de milho do mundo, com sede em *Westchester*, *Illinois* (EUA), e presente em 15 países nos cinco continentes. No Brasil, teve início em 1929, quando sua primeira fábrica foi instalada na cidade de São Paulo. A partir daí, caracterizou-se, desde então, como uma tradicional fornecedora de ingredientes industriais derivados do milho e outros vegetais.

A sua presença no mercado é muito ampla, pois atende aos mais variados tipos de indústrias. De sucos de frutas a pratos congelados, de antibióticos a adesivos, de produtos de panificação a cervejas, de papel a nutrição animal.

O **Ecobras™**, plástico de fonte renovável e compostável, é um combinado de *Ecoflex®* (plástico biodegradável e compostável da *Basf*) e **polímero vegetal a base de milho** (da *Corn Products International Inc.*). Durante a decomposição, o *Ecobras™* comporta-se como um composto orgânico normal. Versátil, o plástico pode ser aplicado em embalagens injetadas, filmes para a produção de tubetes para reflorestamento, sacolas plásticas, embalagens para cosméticos, entre outras alternativas.

f) Lorenz:

A Companhia Lorenz está localizada em Santa Catarina, sendo 100% brasileira, com fundação em 1916. A primeira indústria de fécula de mandioca da América Latina teve origem na escassez da oferta de um produto similar (fécula de batata) oriunda da Europa; fruto das dificuldades surgidas com a 1ª Guerra Mundial.

Atualmente oferece ao mercado uma variada linha de produtos sofisticados como: **amidos modificados, maltodextrinas, dextrinas e o polvilho azedo, que são produtos obtidos da raiz de mandioca** e que são produzidos através de processos totalmente industrializados.

A Divisão de Adesivos está subdividida em Adesivos Vegetais em pó e Adesivos Vegetais Preparados. A linha de Adesivos Vegetais em pó é: Dextrinas e Pre-géis (Lorecol). Esse mercado possui uma diversidade de aplicações: embalagens; tubos; tubetes; conicais; fundição; químicos diversos; rotulagem e petrolífero.

g) Tanac:

A *Tanac* é o maior plantador individual de acácia negra do mundo, com mais de 27.500 hectares de florestas próprias plantadas. Nas atividades que envolvem manejo florestal desenvolvem tarefas em conformidade com os princípios e critérios do *Forest Stewardship Council* (FSC).

Em 1995, a empresa diversificou suas atividades, inaugurando uma unidade de produção de cavacos de madeira de acácia negra na cidade de Rio Grande, no extremo sul do Brasil. Cerca de 750.000 toneladas de cavacos são exportadas, anualmente, para o mercado asiático. A cada ano, a *Tanac* vem recebendo prêmios, homenagens e certificações, devido à posição de destaque nos setores em que atua e ao compromisso constante que mantém com a qualidade dos seus produtos e serviços.

A unidade de taninos está localizada em Montenegro, Rio Grande do Sul. Nesta unidade são produzidos **extratos tanantes vegetais** para a indústria coureira, floculantes/coagulantes e auxiliares de floculação para tratamento de águas de abastecimento e de efluentes, agentes de suspensão, dispersantes e fluidificantes para lama de perfuração e **adesivos para a indústria da madeira**. Para esta atividade, adota práticas

ambientalmente corretas de trabalho, aliando preservação da natureza à eficiência e tecnologia, resultando em um produto de alta qualidade e valor agregado.

Ela também realiza pesquisas de **melhoramento genético da espécie florestal** para proporcionar uma melhor adaptação aos diferentes tipos de solo e clima, gerando um significativo incremento de produtividade e qualidade nas suas florestas. Esta visão de que é preciso preservar a natureza na condução das atividades foi estendida a todos os colaboradores, que foram treinados para desenvolver seu trabalho de maneira ambientalmente correta, respeitando áreas de preservação permanente e a fauna existente nas áreas de manejo.

5.3.1.3 Empresa americana:

Cargill, Incorporated

Esta empresa desenvolveu **polióis**[55] **ecologicamente corretos** para produção de espumas para almofadas, camas e mobílias de um modo geral. O poliol é matéria-prima para o **poliuretano**, material sintético obtido do petróleo. Porém, o poliol da *Cargill*[56] vem de uma fonte renovável e biológica, como os **óleos vegetais**.

Estes polióis são obtidos através da conversão de duplas ligações carbono-carbono de óleos vegetais insaturados por derivados epoxídicos em condições amenas, isto é, através de temperatura e pressão ambientes. Oferecem excelente reatividade e alto nível de incorporação durante a síntese, obtendo-se alta qualidade de espumas poliuretânicas. Essas espumas possuem pouco odor e mantém sua cor branca por mais tempo, sem a necessidade da adição de estabilizantes ultravioletas. Além disto, para cada mil toneladas do poliol, economizam-se aproximadamente 700.000 toneladas de óleo cru e reduzem-se em 23% do uso de energia e 26% a emissão de dióxido de carbono.

[55] Este poliol foi lançado no mercado com o seguinte nome comercial: BIOH™.
[56] Em 2007, a Cargill foi a primeira companhia a comercializar bio-polióis em larga escala no mercado de espuma flexível.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

Na Indústria da Construção a principal função do **poliuretano** é o isolamento térmico. A espuma de poliuretano é um material que combina conforto térmico com economia de energia. Também pode ser instalado em telhados, paredes, pisos e no interior da moldura das janelas.

Conforme a tabela 5.7, os fabricantes brasileiros de poliuretano, as matérias-primas que os produzem e as principais aplicações são:

Tabela 5.7 – Fabricantes brasileiros de poliuretano

FABRICANTES	MATÉRIA-PRIMA	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
Basf	Diisocianato de difenilmetano, poliol	Automobilístico, isolamento térmico, Construção Civil, calçados
Bayer	Diisocianato de difenilmetano, poliol	Automobilístico, isolamento térmico
Cequil	Poliuretana a base de óleo vegetal	Automobilístico, isolamento térmico, moveleiro, Construção Civil
Dow Brasil	Diisocianato de tolueno e poliol	Automobilístico, isolamento térmico, moveleiro, Construção Civil, calçados, peças técnicas e refrigeração
Envirofoam do Brasil Polióis	Poliol vegetal	Automobilístico, isolamento térmico, moveleiro, Construção Civil
Proquinor	Diisocianato de difenilmetano, poliol	Automobilístico, colas e adesivos, elastômeros, eletroeletrônico, telecomunicações, peças técnicas, tintas e vernizes
Purcon	Diisocianato de tolueno, diisocianato de difenilmetano, poliol	Automobilístico, isolamento térmico, Construção Civil, colas e adesivos, refrigeração

Legenda: n.d. – dado não disponível

Fonte: Elaboração própria

Para avaliação da visão de sustentabilidade ambiental dos fabricantes listados anteriormente, foi necessária a busca direta no sítio eletrônico de cada fabricante. Dessa forma, verificou-se que: as empresas químicas brasileiras que possuem consciência sustentável através de evidências de aplicação de princípios da Química Verde em sua gestão foram: ***Basf, Bayer, Cequil, Dow Brasil, Envirofoam do Brasil Polióis, Proquinor***.

a) Basf

A *Basf* é a empresa química líder mundial: *The Chemical Company*. Seu *portfólio* de produtos oferece desde químicos, plásticos, produtos de performance, produtos para agricultura e química fina até petróleo e gás natural. As unidades brasileiras da *Basf* vendem nada menos que 6.000 produtos diferentes. As vendas foram 24% maiores em 2007 e alcançaram € 2,7 bilhões. O Brasil contribuiu com € 1,63 bilhão desse total e alta de 18%.

Segundo publicação em 2008 pela Gazeta Mercantil, as áreas: agrícola, de tinta e automotiva são algumas das de maior potencial de desenvolvimento. A área agrícola no Brasil é a "menina dos olhos" da companhia alemã, respondendo por 30% da receita local, ante os 7% obtidos globalmente pela área. E, com o posicionamento do País no fornecimento mundial de alimentos, tudo indica que o segmento deve se fortalecer ainda mais.

b) Bayer:

A companhia européia *Bayer* tem aumentado sua presença no segmento de **agroquímicos**, sobretudo nas áreas dedicadas à **biotecnologia** através da aquisição da *Aventis CropScience* em 2002. Apresenta baixa internacionalização de suas atividades de pesquisa e desenvolvimento, que se encontram altamente concentradas nos mercados europeus e norte-americanos.

Pelo terceiro ano consecutivo, o *Grupo Bayer* no Brasil registrou crescimento em seu faturamento. Em 2008, o faturamento combinado das empresas do Grupo no Brasil foi de R$ 3,7 bilhões, o que corresponde a um crescimento de 21% em relação ao ano anterior. O principal negócio da *Bayer* no País é a *Bayer CropScience*, divisão que corresponde a 49% do total das vendas do Grupo, seguida pela *Bayer HealthCare* (34%) e *Bayer MaterialScience* (17%). Com esse desempenho, o Brasil permanece entre os 10 mercados mais importantes para a Bayer mundialmente, respondendo por 4% do faturamento global.

c) *Cequil:*

A *Cequil* é uma das empresas coligadas do Pólo Oleoquímico de Araraquara - SP, *Grupo Garsa*, atuando em várias áreas no setor da Construção Civil, mais especificamente na

produção de revestimentos poliméricos de alto desempenho, empregando como matéria prima básica a **poliuretana derivada de óleo vegetal**.

As vantagens deste novo material são excepcionais, e os produtos derivados atendem as normas ambientais pelas condições que apresentam, especialmente por não terem em sua composição materiais voláteis (solventes) e metais pesados, serem isentos de toxicidade e biodegradáveis. Estas propriedades vêm sendo buscadas por todos os grandes fabricantes mundiais de materiais para proteção de superfícies.

Polibond é um adesivo bi-componente de **resina poliuretana**, **à base de óleo vegetal**, agindo quimicamente com a resina da madeira, que ao polimerizar atinge uma união nunca antes conseguida, tornando a junta colada mais resistente que a própria fibra da madeira, independente de sua dureza, e de seus compósitos.

d) Dow Brasil:

A *Dow Chemical Company* foi criada em 1897 por Herbert H. Dow, nos Estados Unidos. Inicialmente fabricante de alvejantes, hoje oferece aos clientes ampla variedade de produtos e serviços fabricados em seus complexos industriais presentes em mais de 160 países. No Brasil, onde inaugurou seu primeiro escritório de vendas em 1956, a *Dow* emprega mais de 2.200 pessoas, em 19 unidades industriais, quatro terminais marítimos e dois centros de pesquisa.

Além disso, a *Dow* possui projetos (2008 – 2013) para construção de uma fábrica em Minas Gerais com escala mundial de polietilenos no país em proporções de 350.000 toneladas ao ano, utilizando a rota alcoolquímica para a obtenção de etileno. A *Dow* aplica todo o conhecimento e inovação em busca de matérias-primas renováveis. Além disso, trabalha no uso mais eficiente das fontes fósseis, com ênfase no controle de carbono e na busca pelo impacto positivo mundial. A seguir os destaques de suas inovações:

- ***Poliol de soja RENUVA™*** **-** Lançado em 2007, é produzido a partir de óleo natural de soja, que também reduz o impacto ambiental. O processo renovável do produto emite menos gases poluentes e diminui o uso de matéria-prima fóssil em 60%, quando comparado à produção do Poliol convencional.

- ***Primeiro pólo alcoolquímico integrado do mundo*** **-** A iniciativa é resultado de uma *joint venture* entre *Dow* e *Crystalsev* (controlada pela *Santelisa Vale*) com previsão de início de

produção comercial em 2011. O complexo processará até 350 mil toneladas anuais de **polietileno** *DOWLEX*™, totalmente produzido **a partir do etanol**. A produção de polietileno a partir do álcool traz o benefício de extrair do meio ambiente 700 mil toneladas de dióxido de carbono por ano.

- ***Epicloridrina de Glicerina (EPI)* -** A partir da glicerina, principal subproduto da fabricação do biodiesel, esta nova tecnologia reduz significativamente o impacto ambiental, utiliza uma fonte renovável como matéria-prima e uma tecnologia de produção com menor consumo de água e de cloro sem afetar o desempenho do produto. Ela é aplicada à fabricação de resinas epóxi, borrachas, papéis, tecidos e produtos agrícolas.

- ***Milho protegido* -** O *HERCULEX*™, da *Dow AgroSciences*, protege as sementes de milho contra os danos causados por insetos, aumentando o rendimento da plantação e garantindo vegetais de qualidade mais elevada.

e) Envirofoam do Brasil Polióis:

A *Envirofoam do Brasil Polióis Ltda* (*EDB*) fundada em 2002 na cidade de Curitiba – PR é o resultado da associação do *Grupo IFS* da Inglaterra, e sócios individuais oriundos da indústria do agronegócio da soja, os quais se dedicam à busca de novas soluções tecnológicas e ambientais para atender o mercado que atua.

A preocupação constante com a preservação do meio ambiente levou a *EDB* a desenvolver um **poliol vegetal** com tecnologia de ponta para o uso em seus sistemas de poliuretano, visando desta forma contribuir com as reservas ambientais.

f) Proquinor:

A *Proquinor* é uma empresa 100% brasileira que atua na área química tendo como base o óleo de mamona. Ela vem se especializando na substituição da resina do petróleo usada em sistemas de telecomunicações através da Q.V., oriunda de produtos agrícolas (fonte renovável). A empresa comercializa resinas derivadas de óleo de mamona e conquistou o mercado nos setores de telecomunicações, de autopeças, de construção civil e de eletro-eletrônicos. Essa técnica permitiu uma atuação no ramo da química fina e ecologicamente

correta a partir de uma fonte renovável e limpa. A resina de mamona antes era importada e o óleo seguia para o exterior e voltava em forma de resina com preços bem elevados. Recentemente, a Proquinor iniciou a exportação de seus produtos para a Europa e países da América do Sul.

A *Proquinor* produz **polióis de óleo de mamona** utilizados como matéria-prima para resinas poliuretânicas e também nos setores automobilístico, de tintas e vernizes, adesivos, espumas e elastômeros. Além disso, produz resinas poliuretânicas para o setor de telecomunicações, para equipamentos e redes de telefonia, eletro-eletrônicos, automobilístico, tintas e vernizes, adesivos, espumas e elastômeros.

g) Purcom:

A preocupação com a sustentabilidade dos processos industriais também se viu na *Purcom*, de Barueri-SP. A empresa desenvolveu uma espuma (PU biodegradável) para substituir o isopor, feita de poliol de fonte renovável. "Tenho uma ampla linha verde", apontou o diretor Gerson Carlos Parreira Silva. Vários exemplos de produtos estavam expostos no estande, como uma peça de elastômero *spray* de poliuréia pura, usada no revestimento de pisos industriais, sem COV, e assento para trator flexível moldado com espuma produzida à base de MDI, com 10% de poliol de fonte renovável.

5.3.1.4 Empresa americana:

Metabolix, Inc.

Esta empresa desenvolveu um **plástico natural**, **o polihidroxialcanoato (PHA)**, através da biotecnologia, utilizando-se microorganismos. Este plástico natural utiliza como fonte de matérias-primas os seguintes produtos: amido de milho, cana de açúcar, celulose hidrolisada e óleos vegetais.

O PHA é um plástico com vários benefícios ambientais, dentre eles: redução da necessidade de carbono fóssil; diminuição de resíduos sólidos, devido o seu caráter biodegradável e diminuição da emissão de gases do efeito estufa.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

O PHA compreende uma família de poliésteres alifáticos naturalmente produzidos por microrganismos, com base em diversas fontes de carbono renováveis ou não-renováveis ou por plantas geneticamente modificadas. O polímero é extraído por solventes, filtrado, precipitado e depois formulado conforme o tipo de aplicação. Uma rota alternativa é a extração do polímero através do uso de enzimas. (AFONSO, 2006)

A biocatálise é uma reação catalisada por enzimas[57] isoladas ou contidas em organismos biológicos e, a rigor, as enzimas não podem ser consideradas exatamente iguais a outros reagentes de ação catalítica empregados na química convencional. Além disso, os processos catalisados por enzimas, quando comparados com aqueles quimicamente catalisados, podem ser acelerados por um fator da ordem de 10^8 - 10^9 e em alguns casos, 10^{12}. Isso, por conseqüência, implica na possibilidade de uso de quantidades consideravelmente menores do biocatalisador (10^{-3} – 10^{-4} mol/%) em comparação às quantidades frequentemente empregadas do catalisador químico convencional (0,1 – 5mol/%).

O tipo mais comum do plástico natural é o poli 3-hidroxibutirato (PHB), produzido pelos microrganismos *Alcaligenes eutrophus* ou *Bacillus megaterium*, mas há diversos outros polímeros dessa classe produzidos por uma variedade de organismos, tais como o poliidroxivalerato (PHV), o poliidroxihexanoato (PHH) e o poliidroxioctanoato (PHO).

O produto tem despertado interesse comercial por possuir propriedades físicas similares ao polipropileno, ainda que com estruturas químicas diferentes, em especial a biodegradabilidade, mas com uso ainda limitado pelo elevado custo de produção e fragilidade a impacto. Pesquisas empregando tecnologia genética poderão melhorar as propriedades e reduzir o custo de produção caso as bactérias produzam maior quantidade de polímero em menor período de tempo. De fato, por meio de engenharia genética, foi possível, na década de 1980, transferir com êxito os genes responsáveis pela produção de PHB na bactéria *A. eutrophus* para a bactéria comum *Escherichia coli.* Além disso, outras pesquisas conseguiram modificar geneticamente plantas de modo a produzirem diretamente o polímero.

[57] As enzimas são substâncias naturais e biodegradáveis. (SANTOS *et al*., 2009)

a) PHB Industrial:

No Brasil, a única empresa química que produz o plástico polihidroxibutirato é a *PHB Industrial*[58] situada em São Paulo. Ela aplica esta tecnologia a partir do açúcar. Sua planta possui capacidade instalada de 50 toneladas por ano, comercializando o **biopolímero** através da marca Biocycle / PHB. O custo do produto ainda não é competitivo, em torno de US$ 4/kg, frente aos polímeros sintéticos, como o polipropileno, a US$ 1/kg, mas há estimativas de redução para US$ 2.65/kg, em planta com capacidade de 100.000 t/a.

O copolímero poliidrohibutirato-hexanoato (PHB/HHx) é produzido por bactérias em biorreatores com base em glicose e óleos vegetais (principalmente óleo de palma), com propriedades superiores ao PHB e ao PHB/ HV. É um dos mais novos tipos de poliésteres biodegradáveis naturalmente produzidos, desenvolvido pela parceria *Kaneka/Procter & Gamble*. (NOLAN, 2002)

Todos os PHAs são hoje produzidos em pequena escala, mas têm grande potencial de substituição de polímeros convencionais, principalmente a partir dos projetos *Metabolix/ADM* e *P&G/Kaneka*, com uso em embalagens e potencial em estruturas de engenharia de tecidos e entrega controlada de medicamentos.

5.3.1.5 Empresa americana:

Basf Corporation

A *Basf* combinou 2 princípios da Química Verde para a produção de ***Primer* Ecoeficiente**, sendo eles: **cura através de luz ultravioleta e baixo nível de emissão de COV**.

O *primer* convencional é bicomponente, composto por uretanos reativos, formulados com solventes tóxicos. A adição do solvente tem a finalidade de diminuir o alto peso molecular e acelerar o tempo de secagem do filme.

Inicialmente, a modificação para *primers* a base de água possibilitou a diminuição da emissão de VOC ao ambiente, porém retardou a cura do filme. Após diversas pesquisas, a *Basf* desenvolveu um *primer* monocomponente sem diisocianato, uma das substâncias

[58] Previsão de investimento de US$ 50 milhões em unidade à base da cana. (PRADELLA, 2006)

responsáveis pela asma. O novo *primer* é formado por um sistema oligomérico uretano-acrilado, que permite reações dentro do filme (entre os oligômeros e os monômeros), possibilitando adesão, resistência à água e solvente, dureza, flexibilidade e cura acelerada. A cura acontece através de luz ultravioleta e/ou solar, o que minimiza o gasto energético.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

Primer é uma tinta geralmente semi-brilhante ou fosca que é aplicada diretamente sobre a superfície. Serve para corrigir pequenos defeitos, promover o fechamento de poros, melhorar a adesão do acabamento e arrepiar as fibras da madeira para o lixamento.

No Brasil, conforme pode ser visto na tabela 5.8, existe um total de 37 fabricantes de tintas e preparações químicas auxiliares.

Tabela 5.8 – Fabricantes brasileiros de tintas e preparações químicas auxiliares

FABRICANTES	MATÉRIA-PRIMA	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
Basf	n.d.	n.d.
IDHEA	n.d.	Construção Civil
Kali Tintas	n.d.	n.d.
Montana	Pigmentos, poliuretanos, resinas alquídicas	Construção Civil, moveleiro
Sherwin-Williams	n.d.	n.d.

Legenda: n.d. – dado não disponível

Fonte: Elaboração própria

Para avaliação da visão de sustentabilidade ambiental dos fabricantes listados anteriormente, foi necessária a busca direta no sítio eletrônico de cada fabricante. Dessa forma, verificou-se que: as empresas químicas brasileiras que possuem consciência sustentável através de evidências de aplicação de princípios da Química Verde em sua gestão foram: ***Basf, IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento de Habitação Ecológica, Kali Tintas, Montana e Sherwin Williams.***

a) Basf:

A *Basf*, o maior complexo de tintas e vernizes da América do Sul, está localizada em São Bernardo do Campo, estado de São Paulo. Produz cerca de 160 milhões de litros de tintas imobiliárias, automobilísticas e repintura automotiva por ano. As principais marcas de tintas são *Suvinil*, *Glasurit* e *Salcomix*. Com os produtos *Suvinil* a *Basf* é líder no Brasil com 35% de participação no mercado.

A unidade de produção de Tintas e Vernizes em Jaboatão dos Guararapes, no estado de Pernambuco, produz **tintas imobiliárias à base de água** e é o principal centro logístico da *Basf* para as regiões Norte e Nordeste. Uma de suas preocupações com o ambiente foi demonstrada através do emprego de material reciclável (garrafas PET) na produção de resinas.

b) IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento de Habitação Ecológica

Este instituto é o primeiro centro de referência no Brasil para a pesquisa, uso e aplicação de ecoprodutos e tecnologias sustentáveis fabricados industrialmente nas áreas de Arquitetura, Construção Civil, *Design*, movelaria, Química e derivados, dentre outras. Além de trabalhar com uma linha específica de ecoprodutos, o *IDHEA* conta com o único banco de dados de fabricantes de ecoprodutos a nível nacional, com mais de 1.500 fornecedores.

Um dos produtos representados pelo *IDHEA* é o ***Ecotextura***, uma pintura para paredes à **base de silicato de potássio**, matéria-prima de origem mineral que protege e embeleza superfícies sem selar a parede ou agredir o meio ambiente.

As matérias-primas que compõem a *Ecotextura* são naturais. O gasto de energia gerado para sua fabricação é reduzido e, após sua aplicação, 75% dos gases emitidas na queima da matéria-prima original (carbonato de potássio) são reabsorvidos. Em sua composição, não são utilizados solventes que agridam ao meio-ambiente.

c) Kali Tintas:

A *Kali Tintas* é uma marca do *Grupo Rischbieter*, o qual foi fundado em 1972, com atuação marcante na Construção Civil, produzindo argamassas sob a marca *Argapron*. É uma empresa 100% nacional.

É pioneira ao disponibilizar no mercado nacional a **tinta sílica mineral** monocomponente, produto este recomendado para pinturas internas e externas, novas ou repinturas. Reafirmando o compromisso no desenvolvimento de tecnologias e produtos ecologicamente corretos, exemplo da *Tinta Minerali*. Suas principais características são: **ser livre de solventes**, não emitindo cheiro de tinta no ambiente após a pintura; composição essencialmente mineral, com todas as matérias primas abundantes na natureza e a sua longa durabilidade, reduzindo repinturas e conservando as reservas naturais, mostram o comprometimento da empresa com o ambiente.

d) Montana:

A *Montana*, empresa com capital nacional, possui mais de meio século de tradição. Investe no desenvolvimento de tecnologia e em produtos inovadores, eficazes para proteção e acabamento de madeiras. A *Montana Química* organiza-se em três divisões que proporcionam a sinergia entre importantes segmentos do mercado. A Divisão Revenda & Construção (R&C) atende ao mercado de proteção e acabamento de madeira para construção. A Divisão Osmose tem foco no tratamento industrial de madeiras nas usinas e no tratamento profilático para produtos de madeireiras e serrarias. A Divisão *Vernici* fabrica produtos para acabamento industrial-moveleiro de alto padrão.

Fabrica produtos **pigmentados sem utilizar metais pesados** ou que tenham restrições devido ao grau de toxicidade. Isto vale para todas as suas linhas de tintas e vernizes, tanto da linha imobiliária, quanto da linha industrial moveleira. Nunca utilizou na fabricação de tintas pigmentos à base de chumbo ou qualquer outro pigmento com metal pesado, como cádmio ou cromo, que apresentam o mesmo potencial de risco.

Além disso, a *Montana* também foi a primeira empresa na América Latina a receber a distinção do selo *Woodcover*, da *Bayer*, por utilizar catalisadores para acabamento de móveis com **menos de 0,5% de TDI** (monômero de isocianato) livre, índice de acordo com a norma da União Européia para classificação e rotulagem de produtos.

e) Sherwin Williams:

A *Sherwin-Williams* está presente no Brasil há mais de 60 anos com o objetivo de trazer ao mercado tintas para as mais diversas finalidades. A empresa atua tanto no segmento imobiliário, quanto industrial. Entre suas principais marcas estão: *Metalatex*, *Novacor*, *KemTone*, *Aquacryl* e *Colorgin*.

A Empresa está localizada no estado de São Paulo, onde possui escritório e fábrica no município de Taboão da Serra, no segmento imobiliário. Também faz parte do grupo a unidade de tintas industriais e aerosol em Sumaré; a divisão *Lazzuril*, voltada para a indústria automotiva e instalada em São Bernardo do Campo; e a divisão *Pulverlack* que produz tinta em pó, localizada em Caxias do Sul (RS).

A *Sherwin-Williams*, uma das empresas líderes do segmento de tintas no Brasil, apresentou em 2008 o ***Metalatex Eco Telha Térmica***, uma tinta inteligente que regula a temperatura do ambiente interno e externo do imóvel, deixando-o mais quente no inverno e fresco no verão. Trata-se de um produto **à base d´água** e com secagem rápida. Entre as características do produto está o baixo índice de emissão de VOC, secagem rápida, alta resistência e durabilidade.

Também em 2008, a *Sherwin-Williams* ingressou no *Green Building Council* como membro fundador *Gold*. Com a filiação, a empresa tornou-se a única fabricante de tintas a participar da organização e gestão da organização no País e reforça o compromisso em apoiar "iniciativas verdes".

A fim de reforçar seu posicionamento de uma das companhias que mais investe em pesquisa e desenvolvimento, a *Sherwin-Williams*, uma das empresas líderes do segmento de tintas no Brasil, apresenta ao mercado o ***Metalatex Repelente***, a primeira linha de tintas do País que repele o mosquito da dengue e outros insetos domésticos. Com tecnologia desenvolvida no Brasil, o produto utiliza em sua formulação **aditivos naturais e possui baixo odor**.

5.3.1.6 Empresa americana:

Archer Daniels Midland Company

Esta empresa desenvolveu um **agente coalescente não volátil** e reativo para reduzir VOC das tintas látex. Este agente coalescente é de origem natural, permitindo a diminuição do odor e o aumento da opacidade e da resistência à abrasão.

Álcool ésteres e éter álcoois, como etileno glicol monobutil éter (EGBE) e *Texanol*® (2,2,4-trimetil-1,3-pentanodiol monoisobutirato), são usados comumente como agentes coalescentes, porém possuem alto índice de VOC. Uma vez sem agente coalescente, os revestimentos à base de látex podem craquear e não aderir ao substrato quando seco a temperatura ambiente.

O novo agente coalescente *Archer RC*™ é à base de ácido graxo insaturado oriundo de óleos vegetais, como os óleos de milho e girassol. Estes óleos tendem a resistir ao amarelamento associado ao ácido linoléico, encontrado em alto nível em óleo de soja. Além disso, tintas com o *Archer RC*™ possuem menos odor, alta resistência à abrasão e melhor opacidade.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

Um dos fabricantes brasileiros de **agente coalescente** é a *Oxiteno*, situada em São Paulo. Ela produz agente coalescente do éter butílico a partir do dietilenoglicol. Apesar de este agente coalescente ser volátil, a *Oxiteno* possui visão sustentável de gestão ambiental para outros produtos.

a) Oxiteno:

As operações da *Oxiteno* são integradas e, aliadas a uma alta produtividade, garantem a eficácia de performance dos seus produtos nos diversos mercados em que atua, que vão desde o setor de cosméticos, embalagens para bebidas até o de fluidos para freios, e de tintas e vernizes.

A linha de produtos da *Oxiteno* abrange intermediários orgânicos, solventes, tensoativos e especialidades químicas. Atua em mais de quarenta países, nos cinco

continentes. Cerca de 30% da sua produção é exportada para uma vasta gama de empresas, no mundo inteiro, por meio de uma rede de distribuidores, representantes e agentes.

Após quatro anos de pesquisa e desenvolvimento, a *Oxiteno* concluiu, em 2007, projeto pioneiro na perfuração de poços de petróleo, em ação conjunta com a Petrobrás: a utilização do *Sistema ECOX* (Ecologia *Oxiteno*), um **fluido à base de água**. Por tratar-se de um sistema isento de cloreto de sódio e com grande poder de inibição, o sistema não polui o ambiente, além de facilitar a performance do poço. O *Sistema ECOX* desenvolvido pela *Oxiteno* apresenta-se como um diferencial nesse cenário. Com ele, a Empresa confirma sua posição de destaque no fornecimento de produtos para os mercados de Petróleo e Gás.

Foram aprovados mais oito projetos da *Oxiteno*, para os quais serão destinados cerca de R$ 96 milhões pela FINEP. **Nanotecnologia** será o principal enfoque. A linha de pesquisas proposta pela empresa é de trabalhos com foco em melhorias para a economia e também para o meio ambiente, alinhados à política estratégica de crescimento, inovação e desenvolvimento do País proposta pelo MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia).

5.3.1.7 Empresa americana:

DuPont

A *DuPont* desenvolveu um **poliéster natural** a partir da modificação genética por microorganismos. Isto foi possível devido à reação biológica a partir de bactérias e leveduras, para converterem a glucose, obtida do amido de milho, em glicerol e então no 1,3-propanodiol. Esta síntese é mais barata e menos agressiva ao meio ambiente.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

Uma forma de substituição da fonte convencional petroquímica para fabricação do **poliéster** é a implantação de um método microbiológico, possibilitando a produção de 1,3-propanodiol através de uma reação limpa.

No Brasil os fabricantes de poliéster são, conforme a tabela 5.9 a seguir.

Tabela 5.9 – Fabricantes brasileiros de poliéster

FABRICANTES	MATÉRIA-PRIMA	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
Basf Poliuretanos	n.d.	Consumo próprio
Cognis	Ácido adípico, ácido graxo, álcoois graxos, anidrido ftálico, glicóis e óleos vegetais	Colas e adesivos, poliuretanos e tintas e vernizes
Coim	n.d.	Poliuretanos
Reichhold	n.d.	Consumo próprio
Rohm and Haas	n.d.	Poliuretanos
Scandiflex	Ácido adípico, glicol	Colas e adesivos, poliuretanos

Fonte: Elaboração própria

Para avaliação da visão de sustentabilidade ambiental dos fabricantes listados anteriormente, foi necessária a busca direta no sítio eletrônico de cada fabricante. Dessa forma, verificou-se que: as empresas químicas brasileiras que possuem consciência sustentável através de evidências de aplicação de princípios da Química Verde em sua gestão foram: ***Cognis***, ***Scandiflex.***

a) Cognis:

Considerada uma das maiores protagonistas no mercado global de substâncias químicas especializadas e ingredientes nutricionais, a *Cognis* é conhecida por suas soluções inteligentes, destinadas para as mais diversas áreas. Com sede na Alemanha, a empresa é dividida em três Unidades de Negócios: *Care Chemicals*, *Functional Products* e *Nutrition & Health*.

Seus produtos são fabricados preferencialmente a partir de **recursos naturais de fontes renováveis**. Sua visão de desenvolvimento sustentável resulta na criação de soluções inteligentes, sem agredir o meio ambiente e contribuindo com o crescimento econômico e social do país.

Além de desenvolver novos produtos e ser uma grande geradora de novas tecnologias, a área de Tecnologia e Inovação da *Cognis* é responsável por adaptar para as condições climáticas do Brasil, as soluções criadas em outras filiais / regiões do mundo. Seguindo a filosofia de elaborar processos que consumam cada vez menos recursos naturais, a *Cognis*

atua no desenvolvimento de processos de **biotecnologia**. A unidade brasileira foi a pioneira a realizar esse tipo de processo.

b) Scandiflex:

Fundada em 1965, a *Scandiflex* é, na América do Sul, a empresa com a mais diversificada linha de plastificantes poliméricos e monoméricos, incluindo: ftalatos, adipatos, citratos, maleatos, sebacatos, azelatos e trimelitatos; destinados a diversas indústrias como: tintas, vernizes, filmes, calandrados, adesivos, fios e cabos, briquedos, embalagens, plásticos, borrachas, têxtil, plastissóis, produtos hospitalares, veterinários e defensivos agrícolas.

A *Scandiflex* tem consciência da importância da segurança operacional, gerenciamento de produto e responsabilidade social das Indústrias Químicas. Por isso, participa desde 1992, quando foi implantado, do programa Atuação Responsável, instituído e coordenado pela Abiquim.

5.3.1.8 Empresa americana:

Shaw Industries, Inc.

Esta empresa implantou um sistema de **produção *cradle-to-cradle***[59] para fabricação de um carpete para pisos denominado *EcoWorx*™.

Normalmente, os carpetes possuem dois lados, sendo que um deles possui um revestimento composto por betume, **cloreto de polivinila (PVC)** ou poliuretano. Estes produtos químicos são tóxicos e difíceis de serem reciclados, gerando muito resíduo sólido. No caso específico do PVC, ainda há mais um ponto negativo, pois ele contém um plastificante a base de éster ftalato, responsável pela geração de subprodutos tóxicos (dioxinas e ácidos clorídricos) a partir da combustão.

O novo carpete é composto por poliolefinas que permitem que ambos os lados do carpete sejam facilmente separados, **facilitando a reciclagem**. Dessa forma, ele possui

[59] Esta expressão significa que houve uma preocupação na produção de algo analisando-se os impactos que poderiam ser causados ao ambiente desde o berço até o túmulo, isto é, do início da sua criação até a sua disposição final e/ou reutilização.

propriedades superiores aos carpetes tradicionais, pois são menos tóxicos e conferem melhor adesão.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

A pesquisa divulgada pela EPA sobre a fabricação de carpetes verdes baseou-se nos princípios da Química Verde para substituir as substâncias tóxicas, como cloreto de polivinila (PVC) ou poliuretano (PU) presentes normalmente em um dos lados do carpete.

O PVC possui características como: rigidez, impermeabilidade e resistência à temperatura. Este material é usado principalmente em tubos, conexões, cabos de eletricidade e materiais de construção como janelas, portas, esquadrias e cabos de energia.

No Brasil os fabricantes de PVC são: ***Braskem***, ***Solvay Indupa, Quattor.***

a) Braskem:

Em 2008, a *Braskem* concluiu a incorporação dos ativos da *Ipiranga Petroquímica, Copesul* e *Petroquímica Paulínia*. Priorizou medidas de liquidez financeira, alongando sua dívida para um prazo médio superior a 11 anos, constituindo uma posição de caixa de aproximadamente R$3 bilhões ao final de exercício. Aliada a estratégia efetivada de liquidez, a *Braskem* tem como principais acionistas a *Odebrecht* e a *Petrobras*, que fortalecem ainda mais a solidez de sua estrutura de capital. A *Braskem* investiu R$70 milhões em tecnologia aplicada para o desenvolvimento de novas resinas, processos e produtos, alcançando a sua 219ª patente industrial.

Líder no mercado latino-americano de resinas termoplásticas, com foco em polietileno, polipropileno e PVC, e a terceira maior petroquímica das Américas. Ocupa posição destacada entre as grandes produtoras globais e atua com a perspectiva de estar entre as dez maiores organizações do setor no mundo. Hoje, é uma das principais empresas exportadoras brasileiras, com presença em cerca de 60 países e em todos os continentes.

Em 2008 anunciou o **primeiro plástico verde** certificado do mundo, um polietileno produzido **a partir de etanol de cana-de-açúcar**. O projeto exigiu investimentos de US$ 5 milhões.

b) Solvay Indupa:

A *Solvay* tem demonstrado interesse em se concentrar no mercado sul-americano de PVC, em especial na Argentina. Atua, no Brasil, através da *Solvay-Indupa* e passou a ter importantes ativos no setor farmacêutico nacional, quando comprou, em 2000, a empresa brasileira *Sintofarma*.

A *Solvay Indupa* pretende alcançar 350 mil toneladas de PVC entre o final de 2010 e o início de 2011, isso sem considerar o volume adicional de 60 mil toneladas anuais de **PVC derivado do Bioetileno**. Até 2010, a capacidade da planta argentina também expandirá, das atuais 220 mil para 240 mil toneladas anuais.

c) Quattor:

A Companhia Petroquímica *Quattor* é uma empresa que produz químicos básicos e plásticos do tipo polietileno e polipropileno – 100% recicláveis. Com sede no Rio de Janeiro, a *Quattor* é uma empresa nacional, fundada em 2008 a partir da associação entre a *Unipar* e a *Petrobras*, que detêm 60% e 40% do capital da companhia, respectivamente.

A empresa reúne dez unidades de produção de petroquímicos básicos, intermediários e resinas localizadas no Rio de Janeiro, em São Paulo e na Bahia e ocupa posição entre as 20 maiores companhias do país, com o faturamento anual de aproximadamente R$ 9 bilhões. Com cerca de 1800 colaboradores diretos, atuando na primeira e segunda gerações da cadeia petroquímica, a *Quattor* produz 2,8 milhões de toneladas de químicos básicos e 1,9 milhão de toneladas de resinas (polietileno e polipropileno).

No final de 2008, a *Quattor* anunciou um projeto para produzir **propeno baseado em glicerina**, com tecnologia inédita em âmbito global.

5.3.1.9 Empresa americana:

NatureWorks LLC

Esta empresa desenvolveu um processo para obtenção de **Ácido Poliacético (PLA) natural**. Este processo utiliza uma biobase para produzir PLA, que serão convertidos em

polímeros compostáveis e recicláveis, utilizando-se menos do que 20 a 50% de combustíveis fósseis.

Esta síntese elimina o uso de solventes orgânicos e materiais perigosos, além de gerar produtos completamente recicláveis e diminui a necessidade energética, devido ao uso de um catalisador.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

O ácido poliláctico ou polilactato (PLA) é um poliéster alifático, produzido do ácido láctico (AL) por fermentação de açúcares seguida de purificação e polimerização. (PRADELLA, 2006)

O ácido láctico é produzido por via petroquímica, com base em etileno e acetileno, mas várias matérias-primas naturais (principalmente milho e açúcar) também podem ser empregadas na sua produção por via biotecnológica. A produção do polilactato pode ser feita por rota indireta (via lactato, resultando no polilactato) ou direta (pela polimerização por condensação, resultando em ácido poliláctico).

A seguir um exemplo brasileiro de fabricante de bioplásticos: a ***Basf.***

a) Basf:

A *Basf* tem um compromisso claro com os preceitos do Programa Atuação Responsável® aplicado à gestão de seus processos e do ciclo de vida dos produtos, desde a fabricação ao seu descarte. Esse compromisso estende-se à pesquisa e ao desenvolvimento de produtos sustentáveis. Além do vasto *portfólio* de plásticos para as mais distintas necessidades, a *Basf* está sempre pesquisando alternativas que atendam às demandas do mercado. Pautada por este princípio, a empresa atua mundialmente determinada a identificar claramente as oportunidades de negócios sustentáveis e têm a nítida consciência da importância dessa competência para a organização e sociedade.

Especificamente no tocante à produção de **plásticos**, além do seu atual *portfólio*, a *Basf* tem investido intensamente em pesquisa e desenvolvimento de materiais **biodegradáveis**[60] desde o início da década de 90. Como resultado desse esforço, desde 1998, o *Ecoflex*® é a alternativa que atende as exigências específicas oferecida do mercado.

5.3.1.10 Empresa americana:

Viance

Esta empresa desenvolveu um preservativo ecologicamente correto para madeira. Ele foi criado para substituir o *Chromated Copper Arsenate* (CCA), devido à alta toxicidade. Esta substituição eliminou o uso de 40 milhões de libras de arsênio e 64 milhões de libras de cobre hexavalente ao ano.

Este **novo preservativo é composto por *Alkaline Copper Quaternary* (ACQ)**. Esta formulação foi feita da seguinte forma: combinação de complexo de cobre bivalente e composto amônio quaternário na razão 2 / 1. Onde então, o complexo de cobre é dissolvido em etanolamina ou amônia. Depois, borbulha-se na mistura dióxido de carbono, permitindo a estabilidade e solubilidade do cobre.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

A madeira é protegida através do tratamento com preservantes, capazes de permanecer fixos em sua estrutura e resistir ao ataque de fungos, insetos ou brocas marítimas. Um bom preservante deve ser tóxico ao ataque de agentes biológicos, mas não para homens ou animais, uma vez introduzido na madeira. Não deve perder sua eficácia por efeito de lixiviação e deve penetrar facilmente nas estruturas celulares da madeira, para obter uma adequada distribuição no seu interior. Deve estar garantido por patentes industriais que resguardem sua qualidade e demonstrem sua eficiência através de testes de campos ou de vida

[60] **Biodegradável**, de acordo com a norma ASTM D6400 de biodegradabilidade, é todo material cujo conteúdo orgânico se transforma em húmus, água e gás carbônico em até 180 dias (tempo padrão para filmes de 120 micras de espessura em ambiente compostável. Quantidade de húmus máxima deve ser de 10% do conteúdo orgânico). **Compostável** é o material que se biodegradou e gerou húmus com ausência de metais pesados e substâncias nocivas ao meio ambiente. Os Institutos certificadores fazem testes no húmus gerado e também ensaios de crescimento de plantas.

em serviço, não deve aumentar a combustibilidade da madeira tratada e deve proporcionar uma superfície limpa e inodora.

O *Arseniato de Cobre Cromatado* (CCA) é um exemplo de preservante para madeira, mas devido à toxicidade à saúde humana e ao meio ambiente, é preferível uma substância alternativa, conhecida como *Quaternário de Cobre Amoniacal* (ACQ), porém é aproximadamente 20% mais caro que uma madeira tratada com CCA. Existem muitas pesquisas para substituição do CCA, quais sejam: produtos preservantes baseados em substâncias biocidas[61] produzidas pelas plantas; compostos fenólicos[62] resultantes da obtenção de biocombustível; óleos[63] essenciais como preservantes de madeiras; e resina[64] extraída da espécie *Parthenium argentatum.*

A seguir alternativas "verdes" de preservantes de madeira e seus fabricantes brasileiros: ***IDHEA e Renner Sayerlack.***

a) IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento de Habitação Ecológica

Este instituto é o primeiro centro de referência no Brasil para a pesquisa, uso e aplicação de ecoprodutos e tecnologias sustentáveis fabricados industrialmente nas áreas de Arquitetura, Construção Civil, *Design*, movelaria, Química e derivados, dentre outras. Além de trabalhar com uma linha específica de ecoprodutos, o *IDHEA* conta com o único banco de dados de fabricantes de ecoprodutos a nível nacional, com mais de 1.500 fornecedores.

***Eco-Stain Impregnante* é um produto natural atóxico e sem cheiro, feito à base de óleos e resinas vegetais**, desenvolvido para oferecer proteção à madeira contra a ação dos raios solares e umidade, bem como para garantir beleza ao material tratado. É recomendado para madeira e madeiramento em áreas externas, sujeitas à ação climática. *Eco-Stain Impregnante* penetra na madeira e em superfícies porosas, repelindo a água e inibindo a ação de fungos e cupins. *Eco-Stain Impregnante* não é afetado pelo movimento natural da madeira (retração ou dilatação), acompanhando seu comportamento, apresentando, por isso, maior durabilidade e resistência frente a variações climáticas e aos raios solares ultra-violeta.

---

[61] *In* Celimene *et al.* (1999); Onuorah (2000).
[62] *In* Kartal *et al.* (2004).
[63] *In* Voda *et al.* (2003).
[64] *In* Bultman *et al.* (1991); Nakayama *et al.* (2001) e Pitcher (1992).

b) Renner Sayerlack:

A *Renner Sayerlack* é a maior e mais especializada empresa em tintas de transformação de madeiras na América Latina. São 40 anos de experiência, estudo e compromisso no desenvolvimento de produtos e processos para embelezamento, proteção, durabilidade e manutenção de superfícies de madeira. A tecnologia para preservação do meio ambiente também é uma preocupação da empresa.

Através de um catálogo de produtos completo, a *Renner Sayerlack S.A.* oferece soluções em linhas industriais, profissionais e decorativas. São seladoras, vernizes, tingidores, diluentes, removedores, lâminas de madeira e outras soluções para proteção e embelezamento da madeira. Unindo a responsabilidade ambiental e o compromisso de qualidade de seus produtos, a *Renner Sayerlack* antecipou uma tendência mundial e desenvolveu uma linha de tintas e vernizes base água: a ***Linha Aquaris***.

A **ausência de solventes** em sua composição proporciona muitas qualidades aos produtos: **baixíssimo odor, secagem rápida, facilidade de aplicação, alto rendimento e um cuidado maior com a saúde do usuário**. Suas propriedades protegem muito mais a madeira e proporcionam melhores resultados no acabamento com uma durabilidade superior: benefícios múltiplos de economia e preservação do meio ambiente.

5.3.1.11 Empresa americana:

Bayer Corporation e *Bayer AG*

A *Bayer* desenvolveu um revestimento bicomponente de **poliuretano base água**, o que possibilitou a diminuição da emissão de COV em torno de 50 a 90%, se comparado com a síntese convencional.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

Não foram encontradas informações sobre a aplicação de poliuretanos a base de água em empresas brasileiras.

6.3.1.12 Empresa americana:

BioMetics, Inc.

Esta empresa descobriu que **a partir de resíduos de celulose** obtidos do papel, de resíduos sólidos municipais, da madeira e da agricultura **é possível obter ácido levulínico**, que por sua vez é fonte de matéria-prima para diversos produtos químicos importantes para o setor químico como: o tetrahidrofurano, o ácido succínico, o ácido difenólico, o furfural e o ácido fórmico.

Cruzamento com as Empresas Brasileiras:

Através da hidrólise da celulose obtém-se a glicose. A partir de uma fermentação, a glicose é convertida em etanol, que então fornece etileno, buteno (dimerização de etileno), propileno (metátese de buteno com etileno), butadieno (via acetaldeído, processo da COPERBO) e ácido acrílico (via ácido láctico) (**ver figura 5.1**). Através de outros processos de fermentação pode-se ainda obter butanol, isopropanol, 2,3-butadienol, glicerol, acetona, ácido acético e ácido butírico. A hidrólise da glicose com ácidos diluídos leva ainda ao hidroximetilfurfural, que pode ser clivado em ácido levulínico (ácido γ-ceto-pentanóico) e ácido fórmico. O ácido levulínico pode ser um interessante insumo para poliésteres.

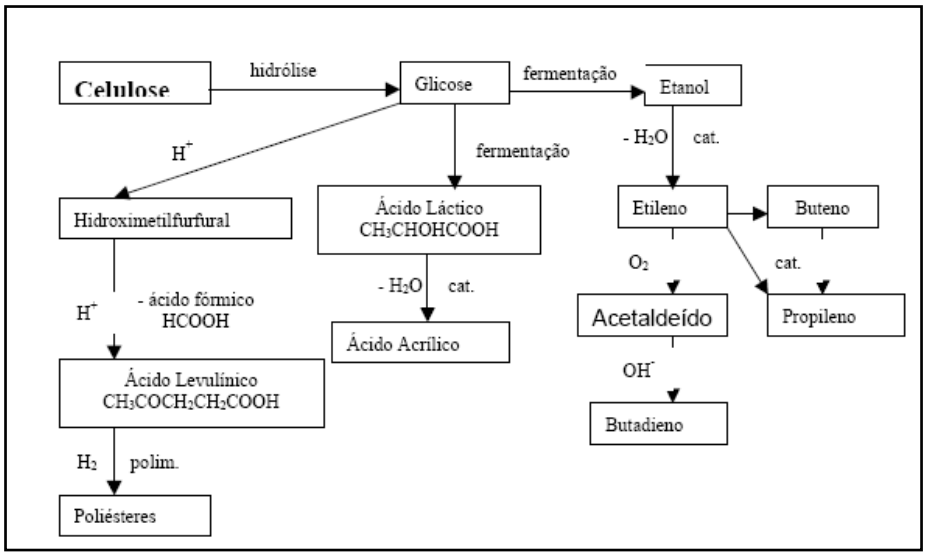


Figura 5.1 – Componentes extraídos da celulose

Fonte: Schuchardt, 2000

Não foram encontradas informações sobre a aplicação de poliésteres a base de celulose em empresas brasileiras.

5.4 Síntese

A tabela 5.10 a seguir mostra claramente a síntese de toda a análise realizada anteriormente e consequentemente a conclusão desse capítulo.

Tabela 5.10 – Comparação entre as inovações verdes americanas e brasileiras

INOVAÇÕES VERDES	EMPRESAS AMERICANAS	EMPRESAS BRASILEIRAS	PRINCÍPIOS DA Q.V.
Resinas alquídicas a base de água e óleo vegetal	*Proctor & Gamble* *Cook Composites* *Polymers Company*	Reichhold	3,4,5,7,12
Adesivos para madeira a base de óleo de soja	*Columbia Forest Products* *Ashland Inc.*	Adecol Adespec Brascola Coladesi Corn Products Brasil Lorenz Tanac	3,4,7,10,11,12
Poliol de óleo vegetal	*Cargill*	**Basf** Bayer Cequil Dow Brasil Envirofoam do Brasil Polióis Proquinor	3,4,7,10,11,12
PHA natural	*Metabolix*	PHB Industrial	1,3,4,7,9,10,11,12
Primer ecoeficiente	*Basf*	**Basf** IDHEA (Representante) Kali Tintas Montana Sherwin-Williams	1,3,4,7,11,12
Agente coalescente não volátil	*Archer Daniels Midland*	n.d.	1,3,4,7,11,12
Poliéster natural	*DuPont*	Cognis Scandiflex	1,3,4,9,11,12

Carpete "verde" facilmente reciclável	*Shaw Ind.*	Braskem Quattor Solvay Indupa	1,3,6,7,10,11,12
PLA natural	*NatureWorks LLC*	**Basf**	1,3,4,5,6,7,8,9,10,12
ACQ como preservativo de madeira	*Viance*	IDHEA (representante)	1,3,4,12
Poliuretano a base de água	*Bayer*	n.d.	1,3,4,6,9,12
Ácido levulínico a partir de celulose	*BioMetics*	n.d.	1,3,4,6,9,12

Legenda: N.A. – Não Aplicável; n.d. – dado não disponível

Fonte: Elaboração própria.

A partir da tabela anterior conclui-se que a Indústria Química Brasileira possui bastantes inovações verdes com ênfase na linha de polímeros e tintas igualmente a americana. Além disso, possui a mesma tendência em desenvolver produtos agrícolas devido ao aumento da demanda desse mercado e a necessidade da implantação do Desenvolvimento Sustentável.

Os Princípios da Química Verde para o desenvolvimento de inovações foram os mesmos aplicados em ambas as empresas, tanto a brasileira como a americana. Isto demonstra o conhecimento tecnológico e sustentável em equiparidade de ambas as nações.

Outro ponto importante que merece destaque é a conscientização do mercado consumidor de produtos para Construção. Esta análise pode ser observada através do desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos para esta Indústria. E por sua vez, a Indústria Química acaba sendo forçada a se ajustar às exigências impostas pelo mercado.

A *Basf* mais uma vez, comprova a sua liderança mundial como Indústria Química inovadora, sustentável e atuante em diversas linhas de mercado. Através da tabela 5.10 observa-se a presença da Basf em 3 diferentes desenvolvimentos, sendo eles: poliol de óleo vegetal, Primer Ecoeficiente e PLA natural.

CAPÍTULO VI

"A Química Verde pode ser encarada como a associação do desenvolvimento da química à busca da auto-sustentabilidade"[65]

Conclusões e Sugestões

6.1 Conclusões

O objetivo deste capítulo é revisar os resultados obtidos neste trabalho ressaltando os pontos mais relevantes. São abordados os aspectos gerais da pesquisa, as principais observações e, por fim, são apresentadas sugestões de novos estudos.

6.1.1 Aspectos gerais

A partir das 2 questões iniciais do trabalho, a respeito da Química Verde ser usada como ferramenta de mudanças positivas para a Indústria Química e se o Brasil vem inserindo este conceito para desenvolver produtos ecologicamente corretos para a Indústria da Construção, realizou-se um levantamento teórico buscando entender os aspectos que poderiam ou não responder essas questões.

Aliado a isto, devido a **Indústria da Construção** possuir forte participação no PIB e ser considerada como uma das **ferramentas para alavancar o crescimento econômico brasileiro (Programa de Aceleração do Crescimento, PAC)**, isso leva a crer que este Setor proporcionará grande aumento do consumo de produtos para Construção. Dessa forma, com o intuito de atender às exigências ambientais, torna-se clara a tendência pela aplicação dos **Princípios da Química Verde** para o desenvolvimento de **produtos ecologicamente corretos**, o que proporcionará a ascensão dos ***Green Buildings*** no mundo e no Brasil.

[65] Frase retirada do sítio eletrônico WWVerde – a página da divulgação da Química Verde no Brasil: http://www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde/

Inicialmente foram revisados os estudos sobre o histórico ambiental no mundo e no Brasil. O foco foi então concentrado nos conceitos do Desenvolvimento Sustentável e na Química Verde, este último com destaque da utilização na Indústria Química, objetivando uma produção mais limpa.

É interessante observar que embora haja vários estudos relativos às linhas de pesquisa acima citadas, muito poucos inter-relacionam a aplicação prática da Química Verde em Indústrias Químicas e menos ainda naquelas que são voltadas para a Indústria da Construção.

A organização teórica foi o ponto de partida para responder às perguntas relacionadas à identificação dos fatores envolvidos na aplicação da Química Verde no desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos para a Construção. Essa identificação viabilizou estruturar uma comparação da aplicação das inovações "verdes" na **Indústria Química Americana *vis-à-vis* à Brasileira**, analisando-se os **Princípios da Química Verde**, **as áreas de aplicação das inovações** e as **empresas químicas inovadoras**.

A metodologia aplicada neste trabalho representa um passo no esforço de identificar, avaliar e comparar as inovações verdes utilizadas pelas empresas americanas e brasileiras. Os resultados finais demonstram que o processo de pesquisa conseguiu atender a seus objetivos, permitindo analisar as diferentes empresas químicas que aplicam tais inovações.

6.1.2 Principais observações

As observações realizadas através da comparação das inovações verdes americanas da EPA (*Environmental Protection Agency*), obtidas no programa de premiação, denominado: PGCC (*Presidential Green Chemistry Challenge*), com as inovações "verdes" brasileiras foram as seguintes:

Empresas Químicas Americanas:

1. Do universo **das 54 empresas químicas americanas** vencedoras das premiações das inovações "verdes" da EPA, foram quantificados **12 setores industriais**, sendo eles: Agricultura; Alimentos; Biocombustíveis; Biocosméticos & Farmácia; Decoração de Vidros & Embalagens; Naval; Impressão Flexográfica, Informática & Películas Pancromáticas; Líquidos Supercríticos; Biotecnologia, Nanocatálise & Tecnologia "Verde"; Têxtil; **Construção** e Tratamento de água.

2. **Todos os 12 setores aplicaram 3 princípios da Química Verde**, sendo estes: o **3º**, o **4º** e o **12º princípios**. Dessa forma, podem ser considerados 3 fatores essenciais quando se deseja inovar de forma sustentável, independente da área de aplicação de tal inovação, sendo estes: **(i)** preocupação em desenvolver reações com compostos de menor toxicidade; **(ii)** geração de produtos mais seguros; e por último, **(iii)** a busca por uma Química segura prevenindo acidentes.

   É importante destacar que estes princípios englobam os 3 conceitos do Desenvolvimento Sustentável, já que, a prática de uma Química segura garante a proteção ambiental e a prevenção de acidentes, não apenas ao meio ambiente como em relação a integridade da saúde dos trabalhadores e consumidores (alcançando o âmbito social e ambiental). Uma vez estes 2 pontos alcançados, automaticamente temos um desenvolvimento econômico sustentável.

3. **As 3 áreas de maior plenitude na aplicação dos Princípios "Verdes" nos Estados Unidos** são, nesta ordem: a **Indústria da Construção; Biocosméticos & Farmácia e Líquidos Supercríticos**. Estas áreas utilizaram todos os 12 princípios da Química Verde, isto é, todos os envolvidos nas respectivas cadeias estão de alguma forma contribuindo para a preservação ambiental, saúde dos trabalhadores e consumidores, utilização de biomassa em substituição à materiais fósseis, dentre outros fatores.

4. Aproximadamente 1/3 das empresas americanas desenvolveram produtos e/ou tecnologias "verdes" com uso voltado para a Indústria da Construção. Dessa forma, é

possível concluir que este setor tem exigido mudanças em suas práticas convencionais, com o objetivo de contribuir para o Desenvolvimento Sustentável e por sua vez para a ascensão dos *Green Buildings* nos EUA.

É importante ressaltar que de todos os produtos "verdes" desenvolvidos para aplicação na Construção, **os setores de Tintas e Vernizes e Biopolímeros de um modo geral representaram a maior tendência em mudanças na Química.**

Empresas Químicas Brasileiras X Americanas:

A seguir, a síntese das observações obtidas a partir da comparação entre as empresas químicas americanas e brasileiras. Tais comparações foram realizadas com o objetivo de responder as 2 questões levantadas inicialmente. Para isso, foram observados os seguintes pontos: **a tendência da utilização dos Princípios da Química Verde**; **as inovações "verdes" desenvolvidas** e quais **as empresas químicas brasileiras** estão conscientes dessa prática.

- ***Basf:*** Comprova a sua liderança mundial como Indústria Química inovadora, sustentável e atuante em diversas linhas de mercado. Através da tabela 6.1 observa-se a presença da Basf em 3 diferentes desenvolvimentos, sendo eles: **poliol de óleo vegetal, Primer Ecoeficiente e PLA natural.**

- ***Reichhold:*** É uma empresa química brasileira que desenvolve **resinas alquídicas a base de água e óleo vegetal.** Uma novidade promovida pela empresa que possui como vantagem a formulação de revestimentos para o segmento industrial, aliando tecnologia de alto desempenho à preocupação com o meio ambiente e saúde ocupacional. Em relação ao desempenho, a resina alquídica proporciona rápida secagem aos revestimentos e excelente resistência à corrosão, tendo ainda como principal benefício à possibilidade de produtos de aplicação industrial de **menor emissão de COV no meio ambiente.**

Adesivos a base de óleo vegetal são desenvolvidos pelas seguintes empresas químicas brasileiras:

- ***Adecol:*** Possui uma linha completa de adesivos, dos tipos PVA: **cola animal (origem orgânica); cola vegetal (a partir do amido modificado) e caseína (derivados da proteína do leite).**

- ***Adespec:*** produz um adesivo bastante versátil, pois agrega várias propriedades técnicas importantes e características sustentáveis como: **não contêm solventes, isocianatos ou outras substâncias nocivas** em suas formulações e possui índice de **VOC muito inferior** aos adesivos convencionais.

Como produtor brasileiro de **bioplásticos e poliuretanos vegetais** tem-se:

- ***Corn Products Brasil:*** O **Ecobras™**, plástico de fonte renovável e compostável, é um combinado de *Ecoflex®* (plástico biodegradável e compostável da *Basf*) e **polímero vegetal a base de milho** (da *Corn Products International Inc.*).

- ***Dow Brasil, Envirofoam do Brasil Polióis e Proquinor:*** são exemplos de empresas químicas que formulam polióis a partir de óleos vegetais para a produção de poliuretanos.

Conclui-se que a Indústria Química Brasileira possui bastantes inovações verdes com ênfase na linha de **biopolímeros (plásticos, poliuretanos, adesivos, etc.) e tintas ecologicamente corretas igualmente a americana**. Além disso, possui a mesma tendência em desenvolver produtos agrícolas devido ao aumento da demanda desse mercado e a necessidade da implantação do Desenvolvimento Sustentável.

Os **Princípios da Química Verde** para o desenvolvimento de inovações foram os mesmos aplicados em ambas as nações, tanto a brasileira como a americana. Isto demonstra o conhecimento tecnológico e sustentável em equiparidade de ambos os países.

Outro ponto importante que merece destaque é a conscientização do mercado consumidor de produtos para Construção. Esta análise pode ser observada através do desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos para esta Indústria. E por sua vez, a Indústria Química acaba sendo forçada a se ajustar às exigências impostas pelo mercado.

Em fim, a Química, através da Química Verde tem transformado muitos produtos e processos, objetivando alcançar a plenitude de uma ciência saudável. Pode-se considerar que a Química Verde nos leva ao retorno à simplicidade, a busca pela natureza como ela é e o que ela pode nos oferecer.

A partir desse enfoque, os químicos e cientistas de um modo geral precisam observar mais a natureza e as suas dinâmicas naturais. A valorização da interdisciplinaridade, isto é, a relação da química com a biologia, com a física, a filosofia, a humanidade é uma tendência.

Quando um profissional entra no mercado de trabalho sem esta visão implantada, ele passa a repetir o que até então vem sendo aplicado. Deixa de existir nele a conscientização, desde a formação acadêmica de sua utilidade e influência, frente a um mercado de trabalho engessado, com objetivos predominantes em retorno financeiro e melhoria de desempenho do produto (foco na concorrência). As universidades são instrumentos poderosos para formação de agentes de transformação.

Muitas Indústrias Químicas estão praticando os princípios da Química Verde, conforme exposto neste trabalho. Aqueles estudantes que forem formados dentro dos preceitos "verdes" serão mais atraentes a estas indústrias e estarão aptos a incentivar a prática da Química Verde, e iniciar a sua discussão na indústria e no meio acadêmico.

Todos esses resultados apresentados respondem as 2 questões levantadas inicialmente a respeito da Química Verde ser usada como ferramenta de mudanças positivas para a Indústria Química e que o Brasil está inserindo este conceito para desenvolver produtos ecologicamente corretos para a Indústria da Construção, semelhantemente aos EUA.

6.2 Sugestões

Tendo em vista o substancial número de variáveis envolvidas neste trabalho e os resultados obtidos, é interessante o desenvolvimento de estudos como:

- A imersão em um **estudo de caso** possibilitaria, com certeza, a identificação de forma mais direta de todos os questionamentos da pesquisa, bem como uma **análise de campo**.

- Pesquisar o valor agregado das inovações verdes no mercado de materiais para Construção.

- Desenvolver uma analogia das transformações nas inovações verdes estudadas com a de outras Indústrias, como por exemplo, a Agrícola e a Farmacêutica.

- Desenvolver um estudo sobre as Construtoras Brasileiras que estão aplicando os conceitos da Construção Sustentável.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química e de Produtos Derivados) **Guia da Indústria Química Brasileira**. São Paulo, 2009.

Agência Nacional de Desenvolvimento Industrial – Radar ABDI – **Índice de Indústrias que planejam investir bate 95%** - Folha de São Paulo – acesso em 19/06/2008.

ALMEIDA, F. – **O Bom Negócio da Sustentabilidade** - Editora Nova Fronteira – Rio de Janeiro, 2002.

ALVES, José Dafico. **Materiais de Construção.** Nobel, São Paulo.

Ambiente Brasil. Disponível em: HTTP://www.ambientebrasil.com.br Acesso em 2008.

"An Incovenient Truth". Dirigido por Davis Guggenheim. Produzido por Lawrence Bender, Scott Burns, Laurie Lennard e Scott Z. Burns. Elenco: Albert Arnold Gore Júnior. Estados Unidos: Lawrence Bender Productions / *Participant Productions*, 2006. Filme (100 min), *DVD*, *color*, 35 mm.

ARAÚJO, M. A. – **A Moderna Construção Sustentável** – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica.

ARAÚJO, M. – **Produtos ecológicos para uma sociedade sustentável**.

A Solução Verde para a Crise – Revista Época – 24 de novembro de 2008 – p.96 a 99.

Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. Vanessa Gomes da Silva, Maristela Gomes da Silva, Vahan Agopyan. – 25/04/2003

_____, **Aditivos: retomada incessante do mercado por fórmula mais eficiente.** Revista plástico moderno, Edição nº415, São Paulo, Maio de 2009.

BAUER, L. A. Falcão. "Materiais de Construção 1 e 2" Rio, LTC Editora.

Basf. Disponível em: http://www.basf.com.br Acesso em 2009.

BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. **Sustentabilidade de soluções construtivas**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Portugal.

BRAGANÇA, L. **Princípios de desempenho e Metodologias de Avaliação da Sustentabilidade das Construções.** Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Azurém, 4800 Guimarães, Portugal.

Brascola. Disponível em: http://www.brascola.com.br Acesso em 2009.

Braskem. Disponível em: http://www.braskem.com.br Acesso em 2009.

_____, **Biopolímeros e polímeros de matérias-primas renováveis alternativas aos petroquímicos.** Revista do BNDS, Rio de Janeiro, V. 14, nº 28, p. 201 – 234, Dez. 2007.

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Disponível em: http://www.capes.gov.br Acesso em: 2008.

CARVALHO, C. M. S. **IBGE: País evolui mais nos indicadores econômicos e sociais do que nos ambientais**. Fonte Envolverde, Portal do Meio Ambiente, em 12/06/2008.

CARVALHO, I. **As Transformações na Cultura e o debate ecológico: desafios políticos para a educação ambiental.** In: Pádua M & Tabanez. Educação Ambiental: Caminhos trilhados no Brasil, IPE, Brasília, 1997.

CARVALHO, P. C. M., Filho, J. J. H., Moss, H. **Renewable Energy and Environment**. *Brazilian Network on Green Chemistry – Awareness, Responsability and Action. Chapter 24, p 467 – 476. Fortaleza – Ceará, November 18 to 21th, 2007.*

"Charting the Growth Prospect in Chile" e "The Changing Outlook for Argentina" - Chemicalweek"s Conference South America: Opportunities for the Chemical Industry in the 21st Century - May 1995.

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em: http://www.cnpq.br Acesso em 2008.

COIMBRA, M. A.; SANTOS, W. N.; MORELLI, M. R. **Recuperação de resíduos inorgânicos para a construção civil.** Revista Cerâmica, vol. 48, 2002.

Coleção Salve o Planeta – O Globo – Parceria com WWF-Brasil - 2007 – Volume: Aquecimento Global

CORRÊA, A. G.; Zuín, V. G. **Química Verde: fundamentos e aplicações**. Ed. Edufscar, 2009.

COUTO, A. B.; COUTO J. P.; TEIXEIRA, J. C. **Desconstrução – uma ferramenta para sustentabilidade da construção.** Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil – Campos de Azurém – Guimarães – Portugal - 2006

Crescimento Robusto – Revista Exame – 05 de novembro de 2008 – p.134 -135

_____, **Commodities: arrefecimento da crise aliviou os fabricantes, com exposições focadas em sustentabilidade.** Revista Plástico moderno, Edição nº415 , São Paulo, Maio de 2009.

Desenvolvimento. Disponível em: HTTP://www.desenvolvimento.gov.br Acesso em 2008.

Don Brady - Phillips Chemical Co. - " Polyethylene - A Roller Coaster Business" - DeWitt 1996 Petrochemical Conference.

DUPONT, J. **Economia de Átomos, engenharia molecular e catálise organometálica bifásica: conceitos moleculares para tecnologias limpas**. Química Nova, vol. 23, nº6 , 2000.

EDWARDS, S.; BENNETT, P. **Construction products and life-cycle thinking. UNEP Industry and Environment** – *April – September*, 2003

GALEMBECK, F.; *et al.* **Indústria Química: evolução recente, problemas e oportunidades.** Química Nova, vol. 30, nº6, p. 1413 – 1419, 2007.

GOMES, D. V. **Educação para o Consumo Ético e Sustentável** - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental – ISSN 1517-1256. Fundação Universidade Federal do Rio

GORE Jr., A. A. **Uma verdade inconveniente - o que você precisa saber (e fazer) sobre o aquecimento global.** (Tradução Isa Mara Lando) - Barueri, SP: Editora Manole, 2006. 328p.

GUIMARÃES, L. S. **O que é Desenvolvimento Sustentável?** Revista Economia e Energia – nº 68 – junho/julho de 2008.

http://www.greenspec.co.uk – acesso em março de 2009.

IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em: http://idhea.com.br Acesso em 2009.

ISAÍA, Geraldo C. (editor). "Materiais de Construção Civil" São Paulo, IBRACON, 2007. 2 v.

JOHN, V. M. **Aquecimento Global** - Revista Notícias da Construção – Construção Sustentável, p.23

JUNGSTEDT, L. O. C.; **Direito Ambiental – Legislação**. 2a ed., Thex Editora Ltda: Rio de Janeiro, 2002.

JUNIOR, C. **Construção Civil impulsiona crescimento do PIB no 1º trimestre**. Folha de São Paulo, 11/06/2008.

KIRCHHOFF, M. M. **Promoting sustentability through green chemistry**. Science Direct, vol. 44, 2005.

Kirschner, Elizabeth - Reciclying's Rough Adolescence - Chemical Engineering News - p. 19 a 22 - Nov. 4, 1996.

Latin Chemical – Latin America and World Chemical News. Disponível em: http://www.latinchemical.com.br/edicao21_latin.asp Acesso em 2009.

LENARDÃO, E. J. *et al.* **Green Chemistry – Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa**. Química Nova, vol. 26, nº1, p. 123 – 129, 2003.

MACHADO, S. **Biologia de olho no mundo do trabalho**. Editora Scipione, 2003.

MARCONDES, S. **Brasil, Amor à Primeira Vista! Viagem Ambiental no Brasil do Século XVI ao XXI** – Editora Peirópolis – 2005 – São Paulo

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Towards a sustaining architecture for the 21st century: the promise of cradle-to-cradle design.** UNEP *Industry and Environment – April – September*, 2003

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia. Disponível em: http://www.mct.gov.br Acesso em 2008.

MERAT, L. M. O. C.; GIL, R. A. S. S. **Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental**. Química Nova, vol. 26, nº5, p. 779 – 781, 2003.

MONTENEGRO, R.S.P; Zaporski, J; Ribeiro, M.C.M. Área de Operações Industriais 1 - AO1 - Gerência Setorial do Complexo Químico - Relato Setorial - Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

O Ambientalismo Morreu – Revista Época – 24 de novembro de 2008 – p.100 a 101.

OLIVEIRA, J. **Constituição da Repúbica Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988**, Saraiva: São Paulo, 1988.

PATRÍCIO, R. M. R. **Desenvolvimento de Metodologia para Avaliação de desempenho ambiental em edifícios adaptada à realidade do nordeste brasileiro** - Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Centro de Tecnologia – Programa de Engenharia de Produção – Tese de Mestrado em 2005.

PETRUCCI, Eládio G. R. **Materiais de Construção.** Editora Globo, Porto Alegre.

PINHEIRO, M. D. **Ambiente e Construção Sustentável** - Instituto do Ambiente –Amadora, 2006.

PINHEIRO, M. D. **CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – MITO OU REALIDADE?** VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente. Lisboa, 6 e 7 de Novembro de 2003.

POLIDO, W. **Seguros para Riscos Ambientais** - Revista Brasileira de Risco e Seguro, V. 1, Nº 0, Dezembro de 2004, p. 138 e 139.

Proquinor – Produtos Químicos do Nordeste Ltda. Disponível em: http://www.proquinor.com.br/nossaempresa.htm Acesso em 2009.

PRADO, A. G. S. **Química Verde, os desafios da química do novo milênio**. Química Nova, vol. 26, nº5, p. 738 – 744, 2003.

Protocolo de Kyoto: Controle da emissão de gases responsáveis pelo aquecimento global. Revista Engenharia e Construção – maio de 2005, p.16 – 23

_____, **Plásticos de engenharia: expositores apresentam plásticos de alto desempenho com ênfase em processabilidade e menor custo.** Revista plástico moderno, Edição nº415 , São Paulo, Maio de 2009.

QUATTOR. Disponível em: http://www.quattor.com.br Acesso em 2009.

Relatório Síntese realizado pelo WBCSD e o BSCD de Portugal – **Eficiência Energética em Edifícios – Realidades Empresariais e Oportunidades – Fatos e Tendências**.

Revista Brasileira de Construção, Infra-Estrutura & Concessões – **O Empreiteiro** – Ano XLVI – julho de 2008 – nº466.

Revista Caderno Especial – Construção Sustentável 2008. **Obra de Impacto: como o setor da Construção Civil se prepara para incorporar as questões sócio-ambientais em suas operações.**

Revista da Madeira – **Os riscos da economia mundial para 2008** - nº 110 - ano 18 - Janeiro de 2008

Resins Report - Modern Plastics International - p. 55 January 96;

REYNAUD, J. M. **Atores sociais: futuros exilados do planeta?** Santa Catarina: UFSC, data: 07 nov. 2005. Disponível em **http://www.carbonobrasil.com/simplenews.htm?id=117410.** Acesso em*:* 26 *jun.* 2008.

_____, **Resinas: setor reagiu rápido aos reflexos da crise e já arquiteta saídas para robustecer toda a cadeia.** Revista plástico moderno, Edição nº414, São Paulo, Abril de 2009.

SACHS I. **Desenvolvimento sustentável – desafio do século XXI**. José Eli da Veiga, Rio de Janeiro, Garamond, 2005, 200p. Ambiente & Sociedade – Vol. VII nº. 2 jul./dez. 2004

SANTOS, D. T. **Padrão de mudança econômica das empresas químicas e petroquímicas mundiais.** V. 27, nº1, p. 93 – 108, Maio de 2006.

SANSEVERINO, A. M. **Síntese Orgânica Limpa**. Química Nova, vol. 23, nº 1, 2000.

SCHMIDT, M. **Nova história crítica**. Editora Nova geração, 1ª ed., 2005.

SCHUCHARDT, U.; RIBEIRO, M. L. **A Indústria petroquímica no próximo século: como substituir o petróleo como matéria-prima.** Química Nova, vol. 24, nº 2 , p. 247 – 251, 2001.

SILVA, F. M. da; LACERDA, P. S. B. de e JUNIOR, J. J. - **Desenvolvimento Sustentável e Química Verde** - *Quim. Nova,* Vol. 28, No. 1, 103-110, 2005 - Departamento de Química Orgânica, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CT, Bloco A, Cidade Universitária, 21941-590 Rio de Janeiro – RJ Recebido em 15/12/2003; aceito em 24/05/2004; publicado na web em 09/09/2004.

Sistemas de Gestão Ambiental – **Requisitos com Orientações para Uso.** ABNT NBR ISO 14001 - Segunda Edição, 31/12/2004 – válida a partir de 31/01/2005.

SOUSA, G. M.; GIRNIUS, H. S.; CECCARELLI, T. S.; COSTA, W. J. L.; JOHN, V. M. **Seleção de Materiais, Componentes e Sistemas - Conjuntos de Habitações Unifamiliares de Interesse Social**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Construção Civil - PCC 2540 – O Edifício e o Ambiente.

XXXV Sondagem Nacional da Indústria da Construção Civil – Maio de 2008. SindusCon-SP Setor de Economia e Fundação Getúlio Vargas – FGV Projetos.

SPÍNDOLA, A. L. S. **Consumo Sustentável.** Revista de Direito Ambiental, ano 6, outubro – dezembro 2001, 24, p. 210.

SILVA, Moema Ribas. "Materiais de Construção" Pini Editora, São Paulo.

SOUZA, Roberto de & TAMAKI, Marcos Roberto. “Gestão de Materiais de Construção” O Nome da Rosa, São Paulo, janeiro de 2005.

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em http://www.ufmg.br Acesso em 2008.

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.iq.ufrgs.br/solid.html Acesso em 2009.

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: http://www.unicamp.br Acesso em 2008.

URBAN, T., **Saudade do Matão**. Editora da Universidade Federal do Paraná, 1998, p. 91

USP – Universidade de São Paulo. Disponível em: http://www.usp.br Acesso em 2009.

http://www.un.org/spanish/News/fullstorynews.asp?newsID=13265&criteria1=&criteria2= - acesso em 22.08.2008.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. Ed. Atlas, 7ª ed., 2006.

WALTER, M. K. C. **Mudanças Climáticas: Uma Verdade Inconveniente** - Revista Multiciência, Campinas, Edição nº. 8, Mudanças Climáticas, Maio de 2007

WARNER, J. C.; *et al.* **Green Chemistry.** Science Direct, p. 775 – 799, 2004.

WONGTSCHOWSKI, P. **Indústria Química: Riscos e oportunidade**. Ed. Edgard Blücher Ltda, 2ª ed., 2002.

WRI (*World Resources Institute*). **World resources 2002-2004 decisions for the Earth: balance, voice, and power.** Washington DC, 2003. Disponível em: http://www.wri.org.