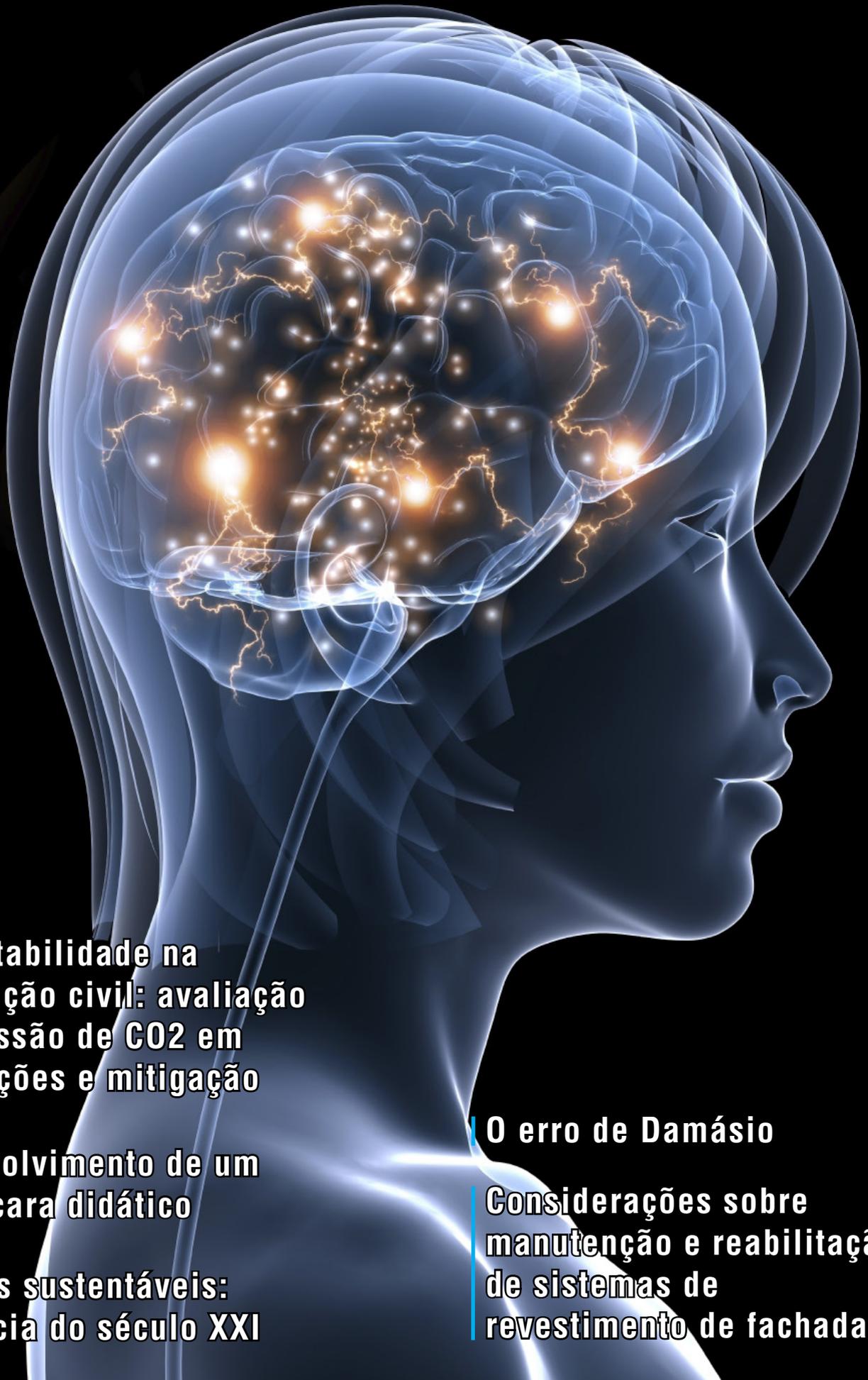




# Politécnica

17-E

Revista do Instituto Politécnico da Bahia ■ Fundado em 1896  
Ano 6 ■ Edição Trimestral ■ Junho de 2013 ■ ISSN 1809 8169



**Sustentabilidade na  
construção civil: avaliação  
da emissão de CO2 em  
edificações e mitigação**

**Desenvolvimento de um  
robô Scara didático**

**Cidades sustentáveis:  
exigência do século XXI**

**O erro de Damásio**

**Considerações sobre  
manutenção e reabilitação  
de sistemas de  
revestimento de fachadas**

<b>Editorial .....</b>	<b>Pág.3</b>
<b>Expediente.....</b>	<b>Pág.4</b>
<b>Sustentabilidade na construção civil: Avaliação da emissão de CO2 em edificações e mitigação.....</b>	<b>Pág.5</b>
<b>Desenvolvimento de um robô Scara didático .....</b>	<b>Pág.10</b>
<b>Cidades sustentáveis: exigência do século XXI.....</b>	<b>Pág.15</b>
<b>O erro de Damásio.....</b>	<b>Pág.19</b>
<b>Considerações sobre manutenção e reabilitação de sistemas de revestimento de fachadas .....</b>	<b>Pág.23</b>

A Diretoria do IPB pretende em 2014, ou ainda no corrente ano, voltar a publicar a Revista Politécnica também em formato impresso.

O presente número, ainda em meio eletrônico, trata de diferentes aspectos da engenharia, desde robótica até cidades sustentáveis e aspectos importantes da construção civil, todos com um viés de filosofia, tema muito mais comum inserido em engenharia do que imaginamos. Os artigos com enfoque em construção civil predominam, enfoque tanto na escala individual como coletiva.

Em filosofia, o pensamento humano, voltado para solução de problemas, tem por objetivo analisar qualquer problema frequentemente com base em cinco perguntas fundamentais, todas também básicas em um projeto de engenharia. Não há nenhuma intenção em desenvolver o assunto, mas deixar uma base para cada leitor pensar, e ele próprio debater e desenvolver os diversos temas que se lhe apresentam num projeto.

A primeira pergunta refere-se à natureza do problema: (1) O que? Qual é o problema? Essa pergunta tem por objetivo desenvolver o tema ou assunto e saber do que se trata; (2) Como? Para investigar e analisar como o problema ocorre, como é sua natureza e como uma determinada solução proposta deve ser avaliada e como, ou em que circunstâncias, poderá produzir os resultados esperados ou necessários; (3) Quando? A fim de avaliar se se trata de um aspecto permanente ou se sua ocorrência depende de circunstâncias especiais e quais são essas circunstâncias; (4) Onde? Onde o problema ocorre? No próprio produto, na pessoa que utiliza o produto, no ambiente? (5) Por quê? Por que o problema existe ou aparece? Qual sua origem?

Por que uma determinada solução é a melhor?

Esperamos que a revista Politécnica atue como estímulo à publicação de artigos, ao debate de problemas de engenharia, com inserção mais ampla da engenharia na sociedade e venha a incluir artigos de estudantes de pós-graduação e de especialização.

Sylvio de Queirós Mattoso  
Coordenador da Revista





## INSTITUTO POLITÉCNICO DA BAHIA Fundado em 1896

### REVISTA POLITÉCNICA

#### FUNDADOR

Prof. JOSÉ GOES DE ARAÚJO

#### COORDENADOR

Prof. SYLVIO DE QUEIRÓS MATTOSO

#### CONSELHO EDITORIAL:

Prof. ADEMAR NOGUEIRA  
Prof. ANDRÉ LUÍS VALENTE  
Prof. CAIUBY ALVES DA COSTA  
Prof. JOÃO AUGUSTO DE LIMA ROCHA  
Prof. JORGE EURICO MATTOS  
Prof. LUIZ ROBERTO MORAES  
Prof. RICARDO DE ARAÚJO KALID  
Prof. SILVINO JOSÉ SILVA BASTOS  
Prof. SYLVIO DE QUEIRÓS MATTOSO

### DIRETORIA DO IPB

#### Presidente

Prof. MAURICIO FRANCO MONTEIRO

#### 1º Vice-Presidente

Prof. ADAILTON DE OLIVEIRA GOMES

#### 2º Vice-Presidente

Prof. CAIUBY ALVES DA COSTA

#### 1º Secretário

Prof. SILVINO JOSÉ SILVA BASTOS

#### 2º Secretário

Prof. EMERSON DE ANDRADE MARQUES FERREIRA

Tesoureiro – Prof. ASHTON JOSÉ REIS D'ALCÂNTARA

### CONSELHO FISCAL

Prof. ANTONIO CARLOS MEDRADO SAMPAIO  
Prof. JOÃO AUGUSTO DE LIMA ROCHA  
Prof. RICARDO DE ARAÚJO KALID

#### SUPLENTES:

Prof. ARMANDO SÁ RIBEIRO JÚNIOR  
Prof. LUIS EDMUNDO PRADO CAMPOS

### CONSELHO DELIBERATIVO

Prof. ADEMIR FERREIRA DOS SANTOS  
Prof. ADINOEL MOTTA MAIA  
Prof. ANTONIO CARLOS REIS LARANJEIRAS  
Prof. GABRIEL BARRETTO DE ALMEIDA  
Prof. GERALDO SÁVIO FRANCO SOBRAL  
Prof. GUARANI VALENÇA DE ARARIPE  
Prof. JOÃO CARLOS BELTRÃO DE CARVALHO  
Prof. JOSÉ GOES DE ARAÚJO  
Prof. LUÍS GONZAGA MARQUES  
Prof. MARIO MENDONÇA DE OLIVEIRA  
Prof. MIGUEL MADRUGA SOARES FERNANDES  
Prof. SERGIO SALES NASCIMENTO

### REALIZAÇÃO

Casa do Verso

### DIRETOR RESPONSÁVEL

Antonio Pastori

### PROGRAMAÇÃO VISUAL

Dalmo Lemos

### JORNALISTA RESPONSÁVEL

Gabriela de Paula - MTB 3751

### CONTATO

casadoverso@gmail.com

● Os textos assinados e aqui publicados são de exclusiva responsabilidade de seus autores, podendo não representar a opinião do Conselho Editorial ou mesmo da Diretoria do IPB.

● A publicação das fotos e ilustrações desta edição são de responsabilidade da Casa do Verso com a devida publicação dos créditos dos seus autores.



# Sustentabilidade na construção civil: Avaliação da emissão de CO2 em edificações e mitigação

Jardel Pereira Gonçalves<sup>1</sup>; Francisco Gabriel Santos Silva<sup>2</sup>  
Dayana Bastos Costa<sup>3</sup>

**Abstract:** The aim of this study is to assess the sustainability of two social housing projects with the same physical characteristics, but built with different structural typologies, masonry concrete block and concrete walls, evaluating the CO2 emissions associated with the two works.

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é avaliar a sustentabilidade de dois empreendimentos habitacionais de interesse social com mesmas características físicas, mas construídos com tipologias estruturais diferentes, alvenaria estrutural de blocos de concreto e

paredes de concreto, avaliando as emissões de CO2 associadas às duas obras.

**Keywords:** Sustainability, Emissions, Civil Construction.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Emissões, Construção Civil.

## INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das maiores consumidoras de matérias-primas naturais, sendo responsável

por um consumo em torno de 50% dos recursos naturais utilizados pelo homem (AGOPYAN e JOHN, 2011). A utilização desses recursos naturais se dá principalmente na produção de cimento e no beneficiamento de agregados, aço, cerâmica, pedra britada e areia, visando à execução das edificações. A indústria da Construção Civil, além de consumir grandes quantidades de recursos naturais não renováveis, emite para atmosfera gases tais como CO, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, NOx, NO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Alguns estudos mostram que a indústria de cimento gera aproximadamente, 1 t de CO<sub>2</sub> por tonelada de clínquer correspondendo entre 5 e 8% do total emitido anualmente para atmosfera (Shuzo *et al.*, 2005). No Brasil, levando-se em consideração as características de sua matriz energética, Toledo Filho *et. al.* (2007), utilizando dados de 1999, calcularam que para cada tonelada de cimento produzido 0,67 ton. de CO<sub>2</sub> é gerada. Assim, o Brasil para uma produção anual de 38 milhões de toneladas de cimento Portland (comum) tem-se a liberação de 25,46 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

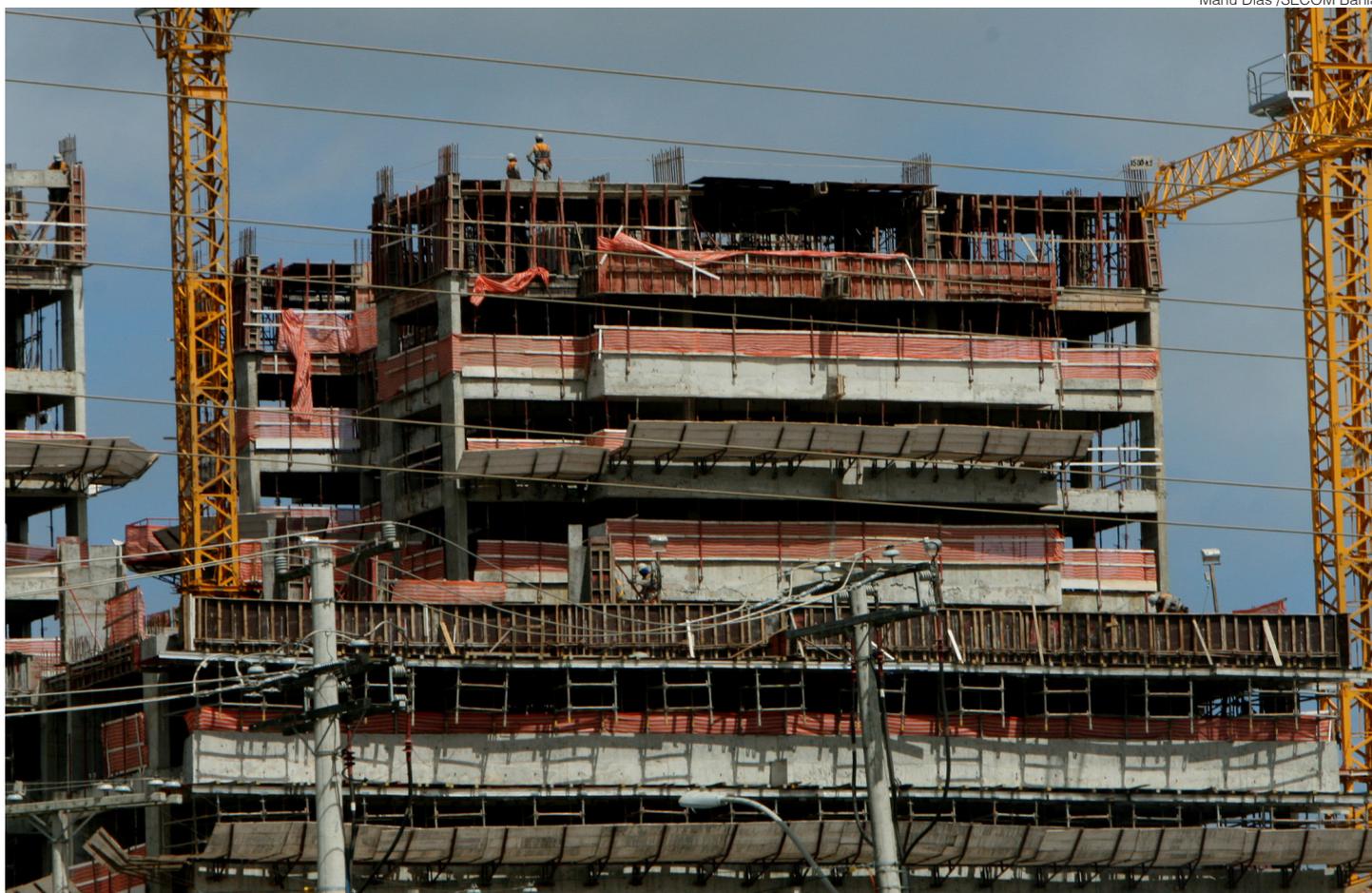
O elevado consumo de combustíveis fósseis tem gerado fortes impactos ambientais nas emissões de carbono, o que tem levado a busca de tecnologias limpas para a produção

de energia, que diminuam as emissões e que visem o uso mais eficiente de recursos naturais e de energia. (AGOPYAN e JOHN, 2011)

No que se refere às emissões oriundas do processo logístico dos materiais, um dos grandes entraves para a eficiência do transporte de materiais no Brasil se deve ao fato de que o principal meio de transporte se dá no modal rodoviário, que promove elevado consumo de combustível e consequentemente altos teores de emissões de CO<sub>2</sub>, por conta da baixa eficiência dos motores movidos a óleo diesel. Segundo Schaeffer (2010), esta forma de transporte corresponde a mais de 90% do total de emissões associados aos transportes.

Muitas ferramentas podem ser utilizadas para fundamentar as ações que visem a sustentabilidade da construção, dentre as quais se pode citar a Análise do Ciclo de Vida (ACV), que permite mapear e quantificar as emissões associadas dos materiais, e a gestão sustentável, que norteia os processos de gerenciamento da produção e uso dos materiais e técnicas empregadas na edificação, permitindo o planejamento das ações mitigadoras em todas as fases da construção.

Manu Dias /SECOM Bahia



## ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é definida pela ISO 14040 “compilação e avaliação de entradas e saídas (de matérias primas e recursos energéticos) e impactos ambientais potenciais de um produto através de seu ciclo de vida”. É uma forma para a condução de uma análise de impactos ambientais. Neste contexto encontra-se o que se pode chamar de Energias -Embutida Inicial, Operacional e de Desconstrução.

“A Energia Embutida Inicial é definida como o conjunto dos insumos energéticos, diretos e indiretos, utilizados para erguer a edificação.” (TAVARES, 2006). Nesta fase, a extração, a utilização de matéria-prima para os materiais, o transporte das matérias para fábricas, o transporte dos produtos acabados para obras e a energia gasta na obra. Já a Energia Operacional é definida como forma de suprir determinadas necessidades. Incluem-se aqui as fases de reforma, e o transporte dos materiais utilizados para esse fim. A Energia de Desconstrução está relacionada aos processos de demolição, e desmontagem além dos processos de transporte de produtos para reciclagem ou reaproveitamento destes, estando associadas à energia consumida na etapa final do ciclo por descarte, deposição ou reciclagem (TAVARES, 2006).

## GESTÃO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Diferentes metodologias não obrigatórias de avaliação ambiental de construções sustentáveis foram desenvolvidas pelo mundo que fornecem um conjunto de normas e guias de boas práticas visando minimizar os impactos ambientais causados pela edificação durante seu ciclo de vida, que devem ser parcialmente ou completamente atendidas para que um empreendimento possa ser certificado como uma construção sustentável. Exemplos destas metodologias são o LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*, BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*, entre outros métodos específicos de cada país como NABERS e GREEN STAR na Austrália, GREEN GLOBES em Canada, CASBEE - *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* e HQE - *Haute Qualité Environnementale* na França. No Brasil, foram desenvolvidas as metodologias AQUA – Avaliação da Qualidade Ambiental (adaptado da HQE) e o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal.

As metodologias mencionadas acima tratam de diversos

temas da sustentabilidade, incluindo a gestão de energia e emissões, que está diretamente vinculado a emissões de CO<sub>2</sub>. Especificamente, a metodologia BREEAM é aquela que trata das emissões de CO<sub>2</sub> nas edificações de forma mais explícita, devido a uma forte política na Inglaterra para desenvolvimento e reforma de edificação visando emissão de zero carbono, também chamada de casas passivas por meio do Código de Casas Sustentáveis (*Code for Sustainable Homes*). O Código de Casas Sustentáveis (DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2010) classifica as habitações em seis níveis (de 1 a 6), sendo que o nível 4 é atualmente o nível mandatório de construção e o nível 6 é o mais elevado, consideradas as casas passivas.

Com relação à gestão da energia, a metodologia AQUA tem preocupações como: (a) redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica; (b) uso de energias renováveis locais por meio da definição de porcentual de cobertura das necessidades energéticas usando energias locais de origem renovável; (c) redução do consumo de energia primária não renovável (CEP) por meio do estudo térmico do nível de consumo de energia para controle de temperatura interna (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2010). Outra iniciativa importante no Brasil é o PROCEL EDIFICA, que tem a intenção de promover o uso racional da energia elétrica em edificações, objetivando incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente, tornando os edifícios mais sustentáveis (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

Dentro deste contexto, este trabalho avaliou a sustentabilidade de dois empreendimentos habitacionais de interesse social, realizados em Salvador, com áreas semelhantes, mas com tipologias estruturais distintas, onde se quantificou e analisou as emissões de CO<sub>2</sub> associadas das duas obras e definiram-se ações mitigadoras.

## METODOLOGIA

Foram realizados estudos em dois empreendimentos habitacionais de interesse social, com características físicas semelhantes, mas construídas com sistemas estruturais distintos. A edificação A foi executada com alvenaria estrutural de blocos de concreto, este empreendimento compreende 18 blocos, com um total de 780 apartamentos, sendo 18

apartamentos de um quarto com área de 38m<sup>2</sup> e 762 apartamentos de dois quartos com área de 45m<sup>2</sup>, constituindo uma área total construída de 45.918,87 m<sup>2</sup>. A edificação B possui sistema estrutural de paredes de concreto com 4 blocos com 12 e 16 pavimentos (dois de cada), um total de 448 apartamentos divididos em 2 e 3 quartos com área de 48,34m<sup>2</sup> e 58,71m<sup>2</sup> respectivamente vide Figura 6, constituindo uma área total construída de 41.915,88 m<sup>2</sup>. Foram realizadas visitas nas obras e por meio da análise da curva ABC, foi levantado o quantitativo dos materiais, e extraídos apenas os materiais objetos deste estudo: cimento, areia, brita, argamassa, cerâmica e aço. A partir destas informações foram calculadas as emissões de CO<sub>2</sub> dos materiais.

A metodologia adotada para o cálculo das emissões foi o desenvolvido por Costa (2012), na qual é feita a quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> geradas na produção e transporte dos materiais da construção. Este estudo utilizou o nível básico da metodologia de Costa (2012), pois devido à insuficiência de dados alusivos aos processos industriais e transporte dos materiais estudados. O cálculo efetuado utilizou a Equação 1.

$$\text{Emissões } MT_{1,j} = QT_j \times FEP_j \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

Emissões  $MT_{1,j}$  = emissões de CO<sub>2</sub> devido à utilização do produto j na edificação, em toneladas de CO<sub>2</sub>;

$QT_j$  = quantidade de produto j necessária na obra, em toneladas;

$FEP_j$  = fator de emissão de CO<sub>2</sub> devido à utilização do produto j na edificação, em toneladas de CO<sub>2</sub>.

## APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos na curva ABC estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que a edificação B tem consumo cimento, areia, brita, aço e argamassa muito superiores à edificação A, isso ocorre devido à tipologia estrutural da obra B ser de parede de concreto, o que eleva o consumo de cimento e materiais associados. O cálculo da geração de CO<sub>2</sub> das edificações estudadas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – Resumo dos materiais da curva ABC

item	unidade	EDIFICAÇÃO A	EDIFICAÇÃO B
		Total (ton)	Total (ton)
Cimento	kg	283,76	5.168,43
Areia	m <sup>3</sup>	1476,95	26.533,78
Brita	m <sup>3</sup>	542,07	7.702,39
Cerâmica	und	336,68	175,20
Aço	kg	81,93	791,10
Argamassa de assentamento	kg	15,89	109,67

Tabela 2 – Cálculo da geração de CO<sub>2</sub>, Edificações A e B – método de COSTA (2012)

Item	EDIFICAÇÃO A				EDIFICAÇÃO B			
	QTj (ton)	FEPj	t CO <sub>2</sub> (1bloco)	t CO <sub>2</sub> (18 blocos)	QTj (ton)	FEPj	t CO <sub>2</sub> (1bloco)	t CO <sub>2</sub> (4 blocos)
Cimento	283,76	0,652	185,01	3.330,23	5.168,43	0,652	3.370	13.479,27
Areia	1476,95	0,086	127,02	2.286,32	26.533,78	0,086	2.282	9.127,62
Brita	542,07	0,086	46,62	839,12	7.702,39	0,086	662	2.649,62
Cerâmica	336,68	0,187	62,96	1.133,25	175,20	0,187	33	131,05
Aço	81,93	1,845	151,16	2.720,87	791,10	1,845	1.460	5.838,31
Argamassa de assentamento	15,89	0,159	2,53	45,46	109,67	0,159	17	69,75
<b>Total</b>	-	-	<b>575,29</b>	<b>10.355,26</b>	-	-	<b>7.824</b>	<b>31.296</b>

Nota-se, na Tabela 2, que o valor total de emissões para a edificação B é cerca de três vezes o valor encontrado no estudo de caso 1, quando se avalia a emissão por unidade de apartamento: a edificação A contém 13,28ton de CO<sub>2</sub> e a edificação B tem 69,86ton de CO<sub>2</sub>, portanto cinco vezes maior em B. Ao analisar as emissões por m<sup>2</sup> construído te-

mos respectivamente, na edificação A 0,23 ton.CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> e na B 0,74 ton.CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, valor 3 vezes superior em B.

Esses resultados indicam que a tipologia estrutural de parede de concreto promove mais emissões de CO<sub>2</sub> do que a tipologia de alvenaria estrutural de blocos de concreto. Mostrando que é necessário que na fase de planejamento da

obra, deve-se realizar um estudo mais detalhado sobre a estrutura do empreendimento não apenas nos aspectos financeiros, mas também nos impactos ambientais associados, de forma que a edificação se enquadre em parâmetros de sustentabilidade ambiental, principalmente obras com financiamentos públicos.

### AÇÕES MITIGADORAS

Ações mitigadoras podem ser adotadas a fim de se reduzir os impactos ambientais oriundos das emissões de CO<sub>2</sub> do setor da indústria da construção civil, dentre as quais se destacam:

- Gestão sustentável da construção, focada no conhecimento da ACV dos materiais utilizados, uso de técnicas construtivas menos impactantes e planejamento com foco em redução de perdas, gerenciamento dos resíduos gerados e busca de soluções ecológicas.
- Definição na fase de projetos do sistema estrutural mais sustentável, cujos materiais e técnicas utilizadas sejam menos impactantes;
- Escolha de materiais que possuam menos impactos ambientais, sustentáveis e acima de tudo que sejam recicláveis de forma que seu ciclo de vida possa ser estendido.
- Substituição parcial ou total dos materiais que possuem fator de emissão elevado, tal como o cimento, onde se podem utilizar resíduos de outras indústrias, sem comprometer o seu desempenho.
- Utilização de processos construtivos racionalizados, fundamentados na construção enxuta, com controle e transparência dos processos, incorporação de melhoria contínua no processo de produção e redução de perdas.
- Utilização de certificações ambientais, como ferramenta de seleção e controle dos materiais e técnicas construtivas, de forma a calcular, avaliar e reduzir cargas ambientais causadas por um edifício ao longo de uma vida útil assumida.
- Elaboração de um inventário nacional de emissões da indústria da construção civil, que englobe todo o setor e que permita identificar e mapear os produtos e processos mais impactantes.
- Ações governamentais para a regulação do setor da construção, com foco na sustentabilidade ambiental, usando como ferramenta de controle os financiamentos públicos.

- Ações estruturantes na infraestrutura logística com fomento ao uso de mecanismos de transportes dos materiais menos poluentes tais como o aquaviário e o ferroviário.

### CONCLUSÕES

A partir das emissões associadas aos materiais utilizados nos estudos de caso avaliados pode-se concluir que a obra construída com paredes de concreto possui valor de emissão de CO<sub>2</sub> por metro quadrado construído superior em 3 vezes a obra construída alvenaria estrutural de blocos de concreto. Além disso, ações mitigadoras podem ser tomadas de forma que a sustentabilidade ambiental da construção seja alcançada.

### E-mails de contato:

1 - Escola Politécnica da UFBA /Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente /UFBA - [jardelpg@gmail.com](mailto:jardelpg@gmail.com)

2 - CETEC-UFRB/ Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente /UFBA - [neam.ufrb@gmail.com](mailto:neam.ufrb@gmail.com)

3 - Escola Politécnica da UFBA /Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana /UFBA - [dayanabcosta@gmail.com](mailto:dayanabcosta@gmail.com)

### REFERÊNCIAS

- AGOPYAN V., JOHN V. M. O desafio da sustentabilidade na construção civil. São Paulo: Editora Blucher, 2011. 5 vol.
- COSTA, B. L. de C. Quantificação de emissões de CO<sub>2</sub> geradas na produção de materiais utilizados na construção civil no Brasil. Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Civil, 2012. Rio de Janeiro.
- DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT. Code for Sustainable Homes: Technical Guide. Novembro, 2010.
- FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. Referencial Técnico de Certificação: Edifícios Habitacionais - Processo AQUA - versão 1, 2010.
- ISO International Organization for Standardization. ISO 14040/2006: Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. Genebra, 2006.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Etiquetagem de Eficiência Energética das Edificações, 2009.
- SCHAEFFER, Roberto. Redução de emissões: opções e perspectivas para o Brasil nos setores de energia, transporte e indústria. Fundação brasileira para o desenvolvimento sustentável. (FBDS), Rio de Janeiro/RJ. 2010.
- SHUZO, M. et al. Architecture for a Sustainable Future. Edited by Architectural Institute of Japan (AIJ) Published by Institute for building Environment and Energy Conservation (IBEC). 2005.
- TAVARES, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.
- TOLEDO FILHO, Romildo Dias; GONÇALVES, Jardel Pereira; Americano, B. B.; FAIRBAIRN, Eduardo Miranda Rego. Potential for use of crushed waste calcined-clay brick as a supplementary cementitious material in Brazil. Cement and Concrete Research, v. 37, p. 1357-1365, 2007.

# Desenvolvimento de um robô Scara didático

Victor Ben-Hur

Alexandre Aguiar

Andrea Bitencourt

Justino Medeiros

**Grupo de Pesquisa em Sistemas Mecatrônicos – GSAM  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da  
Bahia – IFBA – Salvador, Bahia, Brasil.**

**Abstract:** This article aims to present the project development of a SCARA manipulator, robot with prismatic and rotational joints, integrated with a didactic manufacturing cell, which methodology prioritized the, reliability, functionality and cost optimization. Its control is done by the Arduino Duemilanove, a microcontrolled open-source platform. This work is destined to qualify students in automation and related areas, and has been used in laboratory work at classes in the Instituto Federal da Bahia.

**Resumo:** Este artigo apresenta o desenvolvimento do projeto de um robô manipulador SCARA, robô com juntas rotacionais e prismática, integrado a célula de manufatura didática, cuja metodologia priorizou a confiabilidade, funcionalidade e otimização de custos. Seu controle é realizado por uma plataforma microprocessada e *open-source*, o Arduino Duemilanove. Este trabalho é destinado à qualificação dos estudantes de automação e áreas relacionadas, a partir de sua aplicação nas aulas técnicas do Instituto Federal da Bahia.

**Keywords :** Manipulator, SCARA, Arduino, Didactic manufacturing cell

**Palavras-chave :** Manipulador, SCARA, Arduino, Célula de manufatura didática.

## 1. Introdução

A robótica é um campo da ciência recente, em constante desenvolvimento (Angelo, 2007), que envolve diversas

áreas do conhecimento, tais como a engenharia elétrica, mecânica, computação e a matemática. A sua aplicação em indústrias e serviços vem crescendo consideravelmente, como apresentado pela IFR (*International Federation of Robotics*). Contudo, a sua principal aplicação está relacionada aos processos de produção industrial, como a indústria automobilística.

De acordo com a norma 10218/1992 da ISO (*International Organization for Standardization*), um robô manipulador é uma máquina manipuladora, com vários graus de liberdade, controlada automaticamente, reprogramável, multifuncional, que pode ter base fixa ou móvel, para utilização em aplicações de automação industrial. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um robô manipulador de base fixa.

Desde sua primeira aplicação em ambiente industrial em 1951 (Panse, 2012), tem sido crescente a aplicação dos robôs manipuladores, tais como montagem em linhas de produção, soldagem, corte e transporte. O seu grande número de aplicações e sua flexibilidade (podendo realizar operações diferentes sem necessidade de pausas no processo de produção) permitiu que os manipuladores fossem integrados às células de manufatura.

A necessidade de otimizar os processos industriais levou ao desenvolvimento das células de manufatura, através dos conceitos da Tecnologia de Grupo. Nela, as atividades são padronizadas e realizadas em conjunto (Hyer & Wemmerlov, 1984), assim o ciclo de fabricação e transporte é reduzido, simplificando o controle da produção e custos de produção (Groover, 1987). Neste contexto de expansão da robótica e sua integração com células de manufatura, torna-se necessário aprimorar o ensino da automação e controle industrial, através de ferramentas interdisciplinares, tais como robôs didáticos e células de manufatura didáticas, ferramentas de ensino eficiente segundo Balch (2008). A Figura 01 apresenta um modelo baseado em (CURZEL et al., 2006) que encontra-se em desenvolvimento no Grupo de Pesquisa em Sistemas Mecatrônicos (GSAM) do Instituto Federal da Bahia.

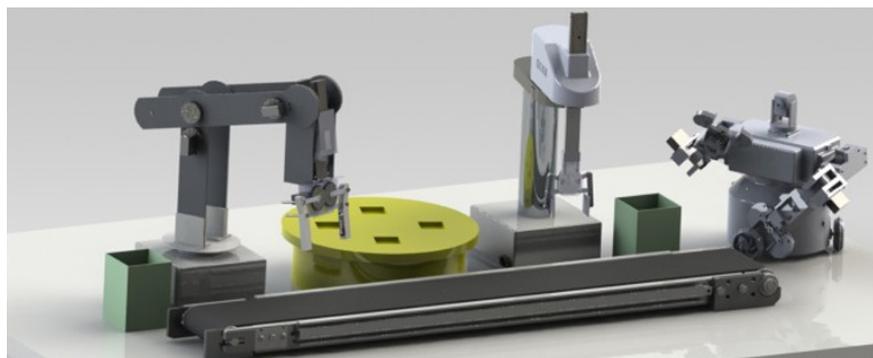


Figura 01

Projeto da célula de manufatura didática.

2. SCARA

As principais características necessárias para um sistema de montagem automatizado são: alta produtividade, flexibilidade e destreza. Para atender essas especificidades, muitos modelos robóticos foram propostos, contudo tais modelos, por vezes, não possuíam resposta rápida, não eram simples ou realizavam apenas determinadas tarefas (Milutinovi e Potkonjak, 1990).

O modelo do manipulador robótico SCARA (*Selective Compliant Articulated Robot Arm*) foi desenvolvido em 1979 pela universidade de Yamanashi, no Japão, como forma

de superar tais deficiências em processos de montagem. Apesar de inicialmente ser considerado um modelo para uma aplicação específica, tal modelo se popularizou, como apresentado por Stone e Kurfess (2005). Sua estrutura, apresentada pela figura 02a, é composta por duas juntas paralelas rotacionais e uma junta prismática conectada ao efetuator, e permite uma alta precisão, velocidade e repetitividade, essenciais para montagens mecânicas e eletrônicas.

Entretanto, seu espaço de trabalho, conjunto de todos os pontos possíveis de serem atingidos por um ponto de referência do efetuator (Gupta e Roth, 1982), é limitado a  $4\pi L^3$  em que L é o comprimento de cada elo, como apresentado na figura 02b.

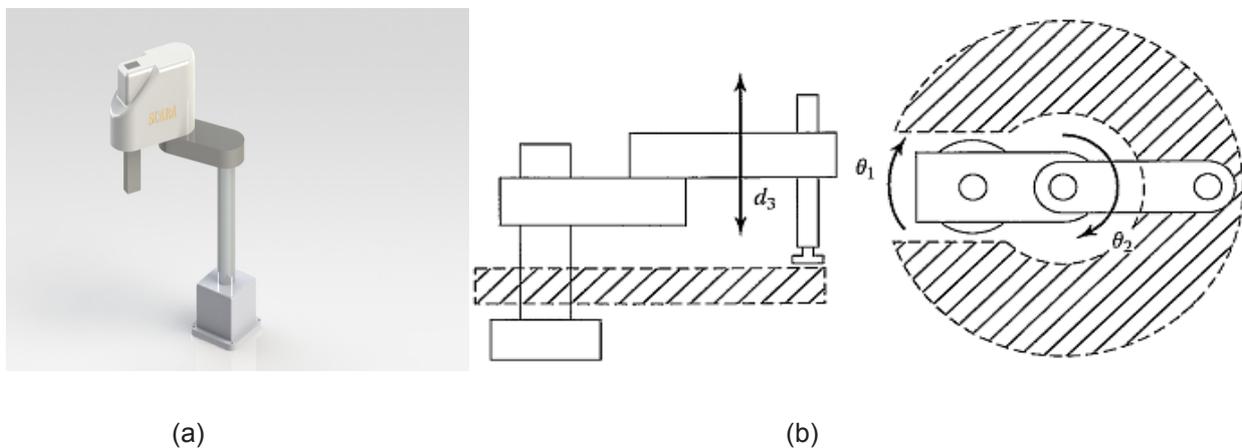


Figura 02 – SCARA. (a) Estrutura mecânica (b) Volume de trabalho: Vista lateral e superior(Craig, 2004)

3. Resultados

A construção do robô SCARA requer conhecimentos em múltiplas áreas da engenharia, o que torna o seu processo de desenvolvimento uma tarefa complexa. A metodologia utilizada neste trabalho, baseada em Archilla (2008), priorizou a confiabilidade, funcionalidade e otimização de custos. Dessa forma, o projeto foi dividido em etapas, como mostra a Figura 03.

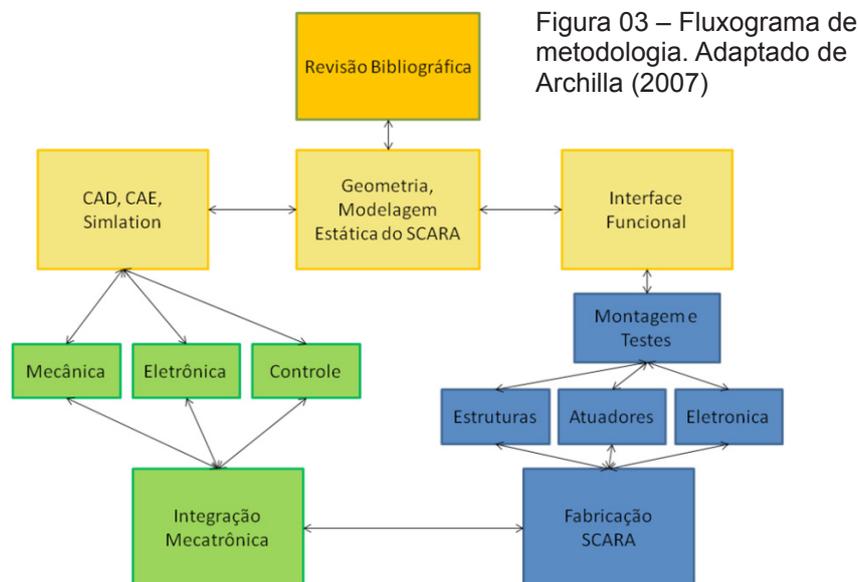


Figura 03 – Fluxograma de metodologia. Adaptado de Archilla (2007)

O robô SCARA projetado será integrado a uma célula de manufatura didática, para realizar o transporte e montagem

de peças. Para isso, foram propostas algumas especificações, apresentadas pela tabela 01:

Tabela 01. Especificações do projeto

Tamanho do 1° Elo	500mm
Tamanho do 2° Elo	280mm
Tamanho do 3° Elo	250mm
Tamanho da cremalheira	400mm
Ângulo máximo	270°

A partir das especificações da tabela 01 e do projeto conceitual apresentado pela figura 02a, foi desenvolvida a ma-

triz de princípio de soluções para o robô, apresentada pela figura 04,

Material	Carcaça Superior			Acionamento	Juntas		
	Aço	Resina de Vidro	Acrílico		Motor C.C	Motor de Passo	Servo Motor
	Estrutura Rígida				Alimentação		
	Aço	Alumínio			Fonte Interna	Fonte Externa	
	Base				Cinemática		
	Alumínio	Composto ACM	Aço		P2 ● ● P3 P1 ● ● P4	Junta a junta	Linear
Junta Prismática			Processamento				
Corredieja Telescópica			Arduino	PIC	CLP		
Engrenagens			Interface				
PVC	Aço	Acrílico	Joystick	Autonomo IA	Programa Gravado		
Rolamentos			Efetuador				
Cônico	Axial	Radial	Garra de dedos	Ferramenta	Garras a vácuo		

Figura 04 – Matriz de princípio de soluções

Partindo da melhor solução encontrada, o projeto mecânico foi desenvolvido através do *software Solidworks*, o elétrico por meio do *Proteus* e o de controle com o *software Arduino*. O projeto mecânico desenvolvido é apresentado pela figura 05a, e a vista explodida pela figura 05b. A figura 05c apresenta o protótipo do robô SCARA desenvolvido.

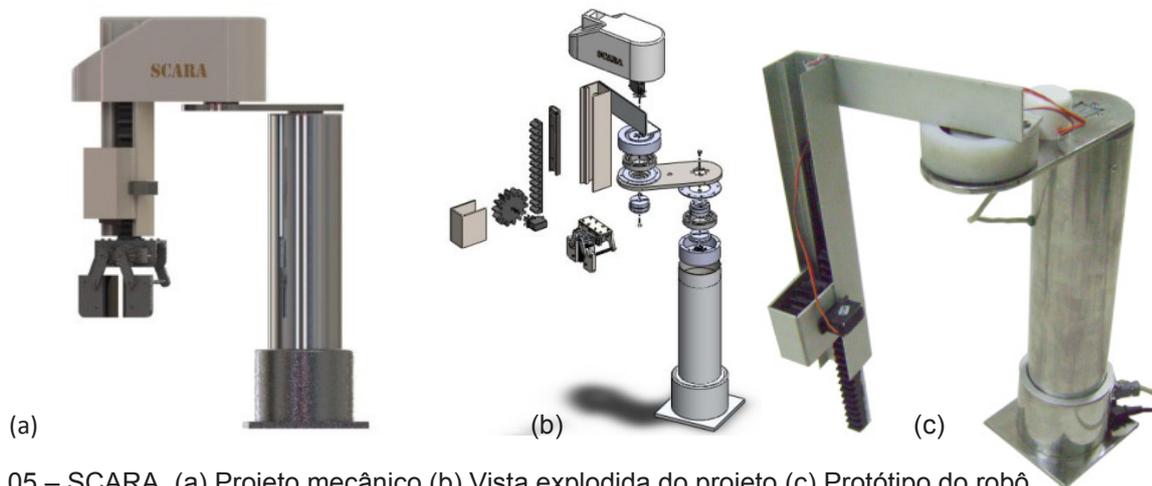


Figura 05 – SCARA. (a) Projeto mecânico (b) Vista explodida do projeto (c) Protótipo do robô

### 3.1 Efetuador

O órgão terminal do robô é o elemento mais crítico em sistemas robóticos, pois sua estrutura depende de diversas especificações do robô, tais como o volume de trabalho desejado, o objeto manipulado e a tarefa realizada, além de ser a estrutura responsável em interagir com o ambiente em que o robô se encontra. Desta forma, existem diversos modelos de efetadores, que podem ser classificados em garra ou ferramenta. As garras são utilizadas para transportar objetos e as ferramentas para modificar um objeto.

O modelo de efetador escolhido foi a garra de dois dedos, pois o robô deverá transportar objetos com superfícies laterais planas. Buscando um sistema compacto e eficiente, a garra desenvolvida utiliza duas engrenagens conectadas

às suas hastes, uma destas ligada ao servomotor. Quando acionado, o servomotor transmite o movimento para as hastes, que realizam o movimento de abertura ou fechamento da garra. Para determinar se o objeto foi corretamente pego pela garra, fixaram-se duas chaves fim-de-curso na garra.

O projeto do efetador é apresentado na figura 06a, e o protótipo desenvolvido na figura 06b. O comprimento de sua base é de 100mm, sua largura máxima é de 110mm e mínima de 98mm, e a abertura máxima da garra é de 50mm. Para a estrutura da garra utilizou-se alumínio, e para confecção das engrenagens foi utilizado nylon, devido a algumas propriedades físicas, como baixo peso específico, boa resistência à fadiga, resistência a impactos e facilidade na usinagem, e baixo custo.

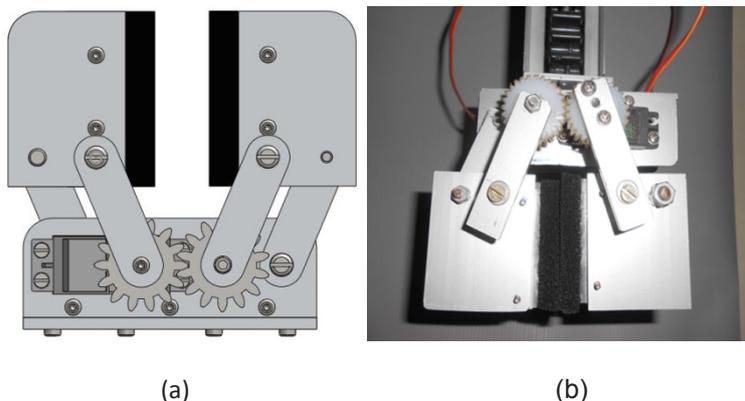


Figura 06 – Efetuador desenvolvido. (a) Projeto do efetador (b) Efetuador montado

### 3.2 Controle

O controle do robô foi desenvolvido de forma a garantir a realização de tarefa autônoma pré-programada, ou realizada remotamente via joystick. O fluxograma da programação desenvolvida é apresentado pela figura 07. Para o controle realizado remotamente, inicialmente são analisadas as po-

sições atuais dos servomotores, pois é necessário saber a posição atual antes de enviar o comando para movimentação. Em seguida, um filtro melhora a qualidade das leituras das posições. Por fim, será liberada a interação do homem com a máquina, onde o usuário irá controlar a posição dos servomotores através do joystick. O código-fonte foi desenvolvido em C, através da plataforma didática Arduino.

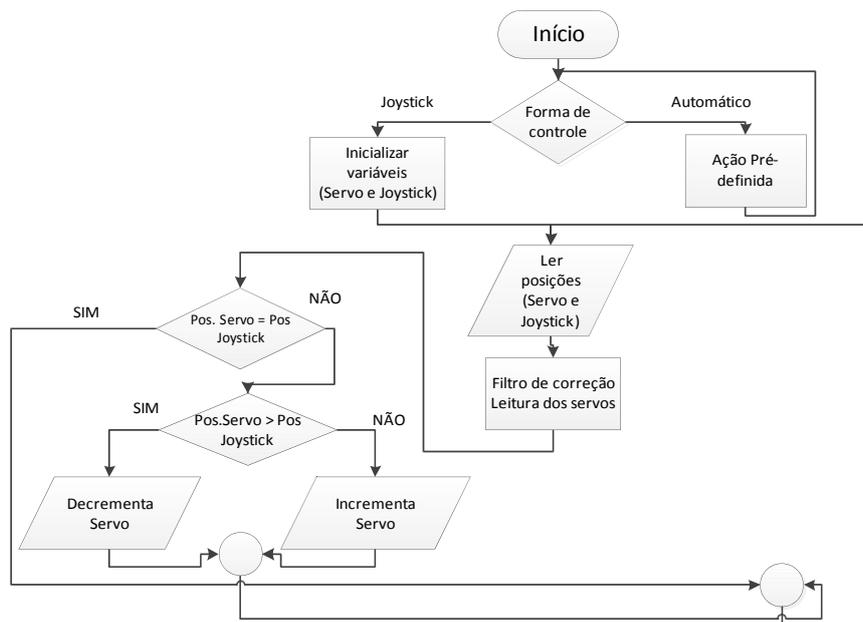
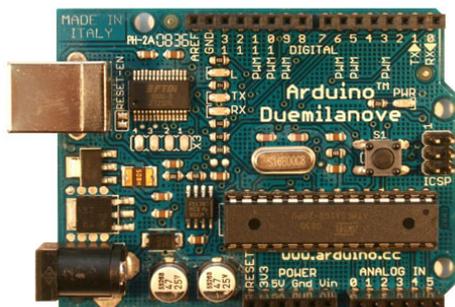


Figura 07– Fluxograma Programação

O Arduino é uma plataforma desenvolvida em 2005, baseada nos micro controladores Atmel AVR, e nos princípios de *hardware* e *software* livres. Por ser uma plataforma de baixo custo e interface amigável, simplifica a criação e prototipagem de projetos eletrônicos. Dos diversos modelos do Arduino, o utilizado para o projeto foi o Duemilanove, representado na figura 8a, que possui 14 pinos de entrada/saída digitais, 6 entradas analógicas, 32KB de memória *flash* destinada para o armazenamento



(a)

de código, 2KB de SRAM e 1KB de EEPROM. Dos 14 pinos digitais existentes, seis podem ser utilizados como gerador de PWM, o que o torna eficaz para controle de servomotores.

Para o robô, montou-se uma versão *standalone* do Arduino, utilizando o seu microcontrolador, o Atmega 328. O *joystick*, apresentado pela figura 8b, foi integrado à versão *standalone* e contém todo o sistema de controle do robô.



(b)

Figura 08 – Sistema de controle. (a) Arduino Duemilanove (b) Joystick do SCARA

#### 4. Conclusão

Neste trabalho abordou-se a construção de um robô SCARA didático, destinado à qualificação dos estudantes de automação do Instituto Federal da Bahia. O robô desenvolvido se mostra eficiente para a sua aplicação

#### EMAILS:

vbenhur@ieee.org; alexandreaguilar@ifba.edu.br; andreabiten-court@ifba.edu.br; justino@ifba.edu.br

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

Angelo, J. A. (2007). Robotics: A Reference Guide to the New Technology, Greenwood Press.

Archila, et al. 2007, "Design and construction of a manipulator type SCARA, implementing a control system". In: 19th International Congress of Mechanical Engineering, Novembro 5–9, Brasília, Brasil.

Balch, T. (2008). Designing personal robots for education: Hardware, software, and curriculum., IEEE Pervasive Computing 7: 5-9.

Craig, J. J. (2004). Introduction to Robotics: Mechanics and Control, 3rd edn.

Curzel, et al. (2006). Concepção de uma Célula Flexível de Manufatura

didática, e integração com a célula de manufatura que se encontra em desenvolvimento.

Como trabalho futuro, espera-se analisar e implementar diversas formas de controle de trajetória, para assim determinar a mais eficiente, utilização de sensores para obtenção de informações sobre o ambiente, e realizar a integração do robô com a célula de manufatura didática.

Didática para o Ensino de Engenharia, COBENGE - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia pp. 1

Gupta, K.C. e Roth, B., 1982, "Design considerations for manipulator work-space", ASME Jnl of Mechanical Design, Vol. 104, pp 704-711.

Groover, M.P. (1987). Automation, production systems, and computer integrated manufacturing. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Hyer, N. L.; Wemmerlöv, U. (1984). Group technology and productivity. Harvard Business Review, v.62, n.4, p.140-149.

International Federation Of Robotics (Org.). Industrial Robot Statistics. Disponível em: <<http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>>. Acesso em: 08 mar. 2013.

Milutinovi e Potkonjak. A new concept of the scara robot, 1990, Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 7, No. 3/4, pp. 337-343, 1990.

Panase, S. (2012). History of Robots.

Stone e Kurfess, T. R. (2005). Robotics And Automation Handbook, New York, chapter 1, p. 16.



# Cidades sustentáveis: exigência do século XXI

Fernando Alcoforado<sup>1</sup>

## O crescimento desordenado das cidades

**Abstract:** this article aims to highlight the problems faced by cities worldwide in the contemporary era, its environmental degradation and the need for its transformation into sustainable cities

**Resumo:** este artigo tem por objetivo mostrar os problemas enfrentados pelas cidades do mundo na era contemporânea, sua degradação ambiental e a exigência de sua transformação em cidades sustentáveis.

**Keywords:** The uncontrolled growth of cities. Sustainable cities. How to build sustainable cities.

**Palavras-chave:** O crescimento desordenado das cidades. Cidades sustentáveis. Como construir cidades sustentáveis.

A cidade tornou-se o principal habitat da humanidade. Pela primeira vez na história da humanidade, mais da metade da população está vivendo em cidades. Esse número, atualmente 3,3 bilhões de pessoas, deve ultrapassar a marca dos 5 bilhões em 2030. No começo do século XX a população urbana não ultrapassava 220 milhões de pessoas. O acesso a emprego, serviços, equipamentos públicos e a um maior bem-estar econômico e social é o seu maior atrativo para todos os que para ela se dirigem. Grande parte dos problemas ambientais globais tem origem nas cidades, o que faz com que dificilmente se possa atingir a sustentabi-

lidade ao nível global sem torná-las sustentáveis (BEAUJEU-GARNIER. 1980).

A criação das cidades e a crescente ampliação das áreas urbanas têm contribuído para o crescimento de impactos ambientais negativos. No ambiente urbano, determinados aspectos culturais como o consumo de produtos industrializados e a necessidade da água como recurso natural vital à vida, influenciam no modo como se apresenta o ambiente. Os costumes e hábitos no uso da água e a produção de resíduos pelo exacerbado consumo de bens materiais são responsáveis por parte das alterações e impactos ambientais. A maior parte das cidades em todo o mundo cresce de forma desordenada, caótica.

O crescimento descontrolado das cidades no Brasil e no mundo ressalta, muitas vezes, a falta de planejamento urbano gerando impactos irreversíveis nesses territórios, que se refletem na sua qualidade ambiental. O processo de urbanização ocorreu de forma significativa primeiramente nos países do continente europeu, com o surgimento e desenvolvimento das indústrias durante o século XVIII. A partir de 1950, esse processo tomou grandes proporções em escala global. O processo de industrialização se expandiu por vários países, atraindo cada vez mais pessoas para as cidades. Porém, a urbanização sem um devido planejamento tem como consequência vários problemas de ordem ambiental e social. O inchaço das cidades, provocado pelo acúmulo de pessoas, e a falta de uma infraestrutura adequada gera transtornos para a população urbana.

Alterações ambientais físicas e biológicas ao longo do tempo modificam a paisagem e comprometem ecossistemas. As alterações ambientais ocorrem por inúmeras causas, muitas denominadas naturais e outras oriundas de intervenções antrópicas, consideradas não naturais. É fato que o desenvolvimento tecnológico contemporâneo e as culturas das comunidades têm contribuído para que essas alterações no e do ambiente se intensifiquem, especialmente no ambiente urbano. Atualmente a maior parte das pessoas habita ambientes urbanos.

Impactos significativos no ambiente ocorrem em razão dos modos de produção e consumo nos espaços urbanizados. Poluições, engarrafamentos, violência, desemprego, etc., são aspectos comuns nas cidades. A poluição das águas é causada principalmente pelo lançamento de efluentes industriais e domésticos sem o devido tratamento. A poluição atmosférica é um grande problema detectado nas cidades, isso ocorre devido ao lançamento de gases tóxicos na atmosfera. O intenso fluxo de automóveis e as indústrias são

os principais responsáveis por esse tipo de poluição.

Outros problemas ambientais decorrentes da urbanização são: impermeabilização do solo, poluição visual, poluição sonora, alterações climáticas, chuva ácida, ausência de saneamento ambiental, falta de adequada destinação e tratamento dos resíduos sólidos, efeito estufa, entre outros. A falta de um planejamento urbano eficaz compromete a qualidade de vida da população urbana. O crescimento desordenado das cidades gera a ocupação de locais inadequados para moradia pelas populações de baixa renda, como áreas de elevada declividade, fundos de vale, entre outras.

A acelerada urbanização e crescimento das cidades, especialmente a partir de meados do século XX promoveram mudanças fisionômicas no Planeta, mais do que qualquer outra atividade humana. A população do Brasil apresenta a mesma tendência mundial de ocupação ambiental, ou seja, opta pelo ecossistema urbano como lar. A transformação do Brasil de país rural para urbano ocorreu na década de 1960 segundo um processo predatório em essência, com acentuada exclusão social de classes da população menos privilegiada que por não terem condições de aquisição de terrenos em áreas urbanas estruturadas ocupam em sua maioria, terrenos que deveriam ser protegidos para preservação das águas, encostas, fundos de vale entre outros.

No Brasil, dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2004) indicam que mais de 80% das pessoas são moradores urbanos devendo atingir 85% nos próximos vinte anos. Esse crescimento dos centros urbanos tem levado a uma acentuada queda da qualidade de vida e a um crescimento dos problemas sociais e dos desequilíbrios ambientais, agravados pelas mudanças estruturais recentes na dinâmica capitalista. Este fato torna uma exigência trabalhar com os princípios da sustentabilidade incorporados à gestão urbana, focalizando questões como a redução dos níveis de pobreza; criação de postos de trabalho; implantação de sistemas de saneamento, educação e saúde; adequação do uso do solo urbano; controle de poluição; recuperação ambiental; utilização de fontes de energia limpa; combate à violência urbana; proteção do patrimônio histórico e ambiental, entre outros.

## A exigência de cidades sustentáveis e como construí-las no Século XXI

É nas cidades que as dimensões social, econômica e ambiental do desenvolvimento sustentável convergem mais intensamente, fazendo com que se torne necessário que sejam pensadas, geridas e planejadas de acordo com o modelo de desenvolvimento sustentável que tem por objetivo atender as necessidades atuais da população da Terra sem comprometer seus recursos naturais, legando-os às gerações futuras. Significa dizer que o modelo de desenvolvimento sustentável nas cidades deve ser adotado objetivando a compatibilização dos fatores econômico e social com o meio ambiente. O que caracteriza uma cidade sustentável? É o direito da população à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para a atual e as futuras gerações.

Cidades sustentáveis são cidades que possuem uma política de desenvolvimento econômico e social compatibilizado com o meio ambiente natural e construído. Cidades sustentáveis têm como diretriz o ordenamento e controle do uso do solo, de forma a evitar a degradação dos recursos naturais. Uma cidade sustentável deve ter políticas claras e abrangentes de saneamento, coleta e tratamento de lixo; gestão das águas, com coleta, tratamento, economia e reuso; sistemas de transporte que privilegiem o transporte de massas com qualidade e segurança; ações que preservem e ampliem áreas verdes e uso de energias limpas e renováveis; e, sobretudo, administração pública transparente e compartilhada com a sociedade civil organizada.

A busca por uma sociedade economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente saudável conduz ao esforço de compreensão das novas dinâmicas que regem o espaço urbano, que possibilitem a construção de políticas articuladas cujo objetivo seja a qualidade de vida, a produtividade, a preservação do meio ambiente e a inclusão social. O grande desafio é pensar em todas as partes relacionadas à construção de uma cidade de forma sistêmica, englobando aspectos econômicos, sociais e ambientais. O desenvolvimento sustentável só será alcançado nas cidades se houver a cooperação entre cada um dos seus habitantes, as organizações públicas e privadas do setor produtivo, as organizações da Sociedade Civil e os governos em todos os seus níveis com base em políticas de responsabilidade socioambiental delineadas por eles.



Cidades sustentáveis são cidades que possuem uma política de desenvolvimento econômico e social compatibilizado com o meio ambiente natural e construído. Cidades sustentáveis têm como diretriz o ordenamento e controle do uso do solo, de forma a evitar a degradação dos recursos naturais. Uma cidade sustentável deve ter políticas claras e abrangentes de saneamento, coleta e tratamento de lixo; gestão das águas, com coleta, tratamento, economia e reuso; sistemas de transporte que privilegiem o transporte de massas com qualidade e segurança; ações que preservem e ampliem áreas verdes e uso de energias limpas e renováveis; enfim, administração pública transparente e compartilhada com a sociedade civil organizada.

Na época atual em que os problemas do aquecimento global podem levar à catástrofe planetária, toda cidade tem que ter um plano de adaptação às mudanças climáticas, principalmente aquelas sujeitas a eventos extremos. Cidades costeiras, por exemplo, devem ter planejamento contra a elevação previsível do nível dos oceanos, devem se preocupar com deslizamentos em encostas, enchentes, etc. resultantes da inclemência das chuvas. Enfim, devem ter flexibilidade e adaptabilidade às novas exigências climáticas. É preciso redesenhar o crescimento urbano das cidades de forma a integrá-lo com o ambiente natural, recuperar suas praias e seus rios hoje bastante comprometidos com o lançamento de esgotos, para que a cidade não receba uma resposta hostil do ambiente natural.

Os planos diretores de desenvolvimento urbano das cidades devem revitalizar seu centro antigo com a recuperação dos imóveis em estado de arruinamento e de seus logradouros para que se tornem espaços de convivência pacífica e confortável para seus habitantes, dotar todos os locais de boa infraestrutura urbana compatível com as necessidades de sua população e promover a formação e manutenção de bairros autossuficientes para evitar a expansão urbana desordenada de seu território.

Os planos diretores de desenvolvimento urbano devem dar prioridade ao adensamento e desenvolvimento urbano no interior dos espaços construídos e à recuperação dos ambientes degradados. As áreas de risco indevidamente ocupadas pelas populações de baixa renda devem ser reurbanizadas ou, quando não for possível, promover a relocação de seus habitantes com a construção de novas unidades habitacionais. São todos grandes projetos que exigem vultosos recursos que criam atividades geradoras de emprego, renda e bem-estar para a população.

O planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial de sua população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua influência deve evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente. Em toda cidade deve ser adotado um planejamento estratégico de longo prazo com base no desenvolvimento sustentável.

**EMAIL – [falcoforado@uol.com.br](mailto:falcoforado@uol.com.br)**

**1 – Fernando Alcoforado**, Doutor em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Regional pela Universidade de Barcelona, Graduado em Engenharia Elétrica pela UFBA - Universidade Federal da Bahia e Especialista em Engenharia Econômica e Administração Industrial pela UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, foi Secretário do Planejamento de Salvador (1986/1987), Vice-Presidente da ABEMURB – Associação Brasileira das Entidades Municipais de Planejamento e Desenvolvimento Urbano (1986), Subsecretário de Energia do Estado da Bahia (1988/1991), Diretor de Relações Internacionais da ABEGÁS - Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Gás Canalizado (1990/1991), Coordenador do Programa Nacional do Dendê- PRONADEN (1991), Presidente do

Clube de Engenharia da Bahia (1992/1993), Presidente do IRAE - Instituto Rômulo Almeida de Altos Estudos (1999/2000) e Diretor da Faculdade de Administração das Faculdades Integradas Olga Mettig de Salvador, Bahia (2003/2005). É atualmente professor universitário e consultor de organismos públicos e privados nacionais e internacionais nas áreas de planejamento estratégico, planejamento empresarial, planejamento regional e planejamento de sistemas energéticos. Foi articulista de diversos jornais da imprensa brasileira (Folha de S. Paulo, Gazeta Mercantil, A Tarde e Tribuna da Bahia), publicando artigos versando sobre economia e política mundial e brasileira, questão urbana, energia, meio ambiente e desenvolvimento, ciência e tecnologia, administração, entre outros temas. É autor dos livros Globalização (Editora Nobel, São Paulo, 1997), De Collor a FHC- O Brasil e a Nova (Des)ordem Mundial (Editora Nobel, São Paulo, 1998), Um Projeto para o Brasil (Editora Nobel, São Paulo, 2000), Globalização e Desenvolvimento (Editora Nobel, São Paulo, 2006), Bahia- Desenvolvimento do Século XVI ao Século XX e Objetivos Estratégicos na Era Contemporânea (EGBA, Salvador, 2007), Aquecimento Global e Catástrofe Planetária (P & A Gráfica e Editora, Salvador, 2010), The Necessary Conditions of the Economic and Social Development- The Case of the State of Bahia (VDM Verlag Dr. Müller Aktiengesellschaft & Co. KG, Saarbrücken, Germany, 2010), e Amazônia Sustentável- Para o progresso do Brasil e combate ao aquecimento global (Viena- Editora e Gráfica, Santa Cruz do Rio Pardo, São Paulo, 2011) entre outros. Possui blog na Internet (<http://fernando.alcoforado.zip.net>)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCOFORADO, Fernando. Aquecimento global e catástrofe planetária. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena Gráfica e Editora, 2010.
- BEAUJEU-GARNIER. J. Geografia Urbana. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980.
- PLANETA SUSTENTÁVEL. A primeira cidade sustentável do mundo. Disponível no website <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/cidade/urbanismo-china-sustentabilidade-cidade-494285.shtml>>.
- WWF BRASIL. O que é desenvolvimento sustentável? Disponível no website [http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/desenvolvimento\\_sustentavel/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/)>.



# O erro de Damásio

Adinoel Motta Maia

**Abstract:** this article begins by considering the compromise of the engineer with creation, sort of imitating the Creator of the Universe by the using a method like an alchemy secret by repeating the experience that enables him to innovating and discovering; an engineering is proposed in which materials and procedures cannot refuse the Cartesian method and must build their conscience taking geometry, mathematics, chemistry and physics as the basis of it, independently of the neural structure or system.

**Resumo:** este artigo começa abordando o compromisso do engenheiro com a criação, imitando o Criador do Universo e utilizando o método como o segredo alquímico da repetição da experiência o capacita a inovar e descobrir; propõe uma engenharia em que os materiais e os procedimentos não prescindem do método cartesiano e devem se estruturar na consciência como base da geometria, da matemática, da química e da física, independente da estrutura neural.

**Keywords:** the need to think theoretically, mathematical principles at the base of engineering, Psychic considered till the creation of the photon, Physics after the creation of the photon, René Descartes at the base of existence and method, engineering as method (of work), the mistake made by the neurologist who did not see conscience outside the brain, engineering that extrapolates the brain and explores or probes conscience that is outside it.

**Palavras-chave:** a necessidade de pensar teoricamente, os princípios matemáticos na base da engenharia, a Psíquica até a criação do fóton, a Física após a criação do fóton, René Descartes na base da existência e do método, a engenharia enquanto método, o erro do neurologista que não viu a consciência fora do cérebro, a engenharia que extrapola o cérebro e sonda a consciência fora dele.

## Introdução e objetivo

Genericamente, engenhar é processar dados com o objetivo de criar. Especificamente, contudo, engenharia é algo mais: é o conjunto dos procedimentos técnicos aplicados

com a consciência de se chegar a métodos, estruturas e mecanismos, no propósito de promover resultados na produção básica de energia, transporte e abrigo.

Não se faz engenharia, portanto, sem uma base teórica e um procedimento lógico, conduzidos por algum método que possa ser registrado em linguagem precisa, seja literária ou matemática, desde que com esta se cumpram as diversas etapas da indução e da dedução. É exatamente isso que separa o engenheiro do feitor, ambos envolvidos num mesmo projeto ou numa mesma obra, até trabalhando no mesmo espaço físico e ao mesmo tempo, mas separados por uma enorme massa de consciência dos princípios da concepção até os fins da execução e o funcionamento do que se produz.

Enganam-se, assim, aqueles que buscam um diploma de engenharia com o único objetivo de qualificar-se para tão somente chegar a vias, terminais, edifícios ou máquinas, seja o que for, como mero feitor, cumprindo normas e aceitando processos, sem competência para alterá-los sem colocar em risco suas estruturas e seus objetivos. Normas são concebidas para feitores. Engenheiros também as utilizam como suportes e roteiros, mas capacitados a alterá-las, com responsabilidade, se isso for necessário, na cultura dos procedimentos, em busca do melhor benefício, do menor custo e do maior rendimento, visando a perfeição e até a invenção.

Não fará isso, sem dúvida, sem conhecer e aplicar o método, mas, sobretudo sem ousar alterá-lo onde e como isso se apresente como substrato do objetivo maior, da realização inovadora, daquilo que empurra a humanidade para frente e transforma a inteligência em sapiência. Não é por outro motivo que se costuma dizer que Deus é Engenheiro. Não um simples engenheiro de produção, certamente, mas aquele outro, maior, de criação.

Podemos assim afirmar que Engenharia é Geometria elevada à enésima potência. Cada um de nós, engenheiros, sabe qual o valor, desse “ene”, não necessariamente o mesmo para todos. Partimos do conceito do ponto, que existe na potência zero. O ponto, sabemos todos, não tem dimensão, mas apenas posição. Evidentemente, não tem massa e só existe como consciência. Consciência da sua posição. Se não houvesse essa consciência nele, não existiria. É evidente que estamos entrando na abstração matemática, que encaramos como disciplina psíquica. Se optássemos pelos caminhos do cálculo infinitesimal para explorar os espaços euclidianos ou não-euclidianos não atingiríamos nossos objetivos didáticos para introduzir esta proposta, assim restringindo-a a bem poucos leitores e talvez condenando-a ao abandono. É mais trabalhoso malhar com aparelhos menos sofisticados, mas assim podemos atingir melhores e mais amplos resultados na apresentação de algo tão novo que exige doses cavalares de paciência, digamos, alquímica.

Quando marcamos um “ponto” com a ponta fina do lápis, num papel, na realidade estamos desenhando um círculo

cujo diâmetro mede, por exemplo, meio milímetro, no qual imaginamos estar esse ponto, um dos inúmeros que ali se encontram, lado a lado, cada um com diâmetro zero. Sem dimensão e com massa unitária<sup>1</sup>, um ponto, qualquer ponto, mantém-se eternamente na sua posição. Fora desta, existe uma infinidade de outros pontos, tão próximos, que, se fossem mais próximos, seriam um só. Assim – atenção! – o que dá qualquer dimensão ao espaço não é a soma dos seus pontos, porque esta é sempre zero, mas a soma dos intervalos entre eles, por menor que sejam estes<sup>2</sup>. Assim, o espaço tem três dimensões medidas cartesianamente segundo três direções ortogonais e uma quarta dimensão representada pela duração, que chamamos “tempo”. O tempo é a duração da consciência da existência – também infinitesimal – do intervalo entre duas posições de duração “zero”, de modo que assim pulsante – existo agora, não existo, existo em seguida... – há um intervalo que se soma e fornece a duração em que se mantém na sua posição.

Está difícil? Insistamos. Nós insistimos durante algumas décadas, até engenhar esta estrutura da consciência e chegar à existência a partir do Nada, concluindo ser este o tijolo com o qual foi feito o Universo<sup>3</sup>. O que é importante para o propósito deste artigo é que a existência – seja lá do que for – nada mais é do que uma composição cartesiana da consciência de diversas posições pontuais, que se estruturam geometricamente em tetraedros (quatro pontos), que se juntam linear ou esfericamente, formando ondas ou partículas, isto é, estruturas posicionais de consciência pura cuja duração – tempo – proporciona relações que Isaac Newton escreveu assim:

$$F = m(e/t)^2$$

Sendo “m” a quantidade de consciência – de tetraedros (massa) – “e” a distância percorrida pela consciência ao mudar de posição entre dois tetraedros e “t” a duração da consciência nessa mudança de posição, tudo isso assim relacionado produzindo uma força de atração entre os tetraedros a formar essa estrutura, que cresce com o aumento da “massa” dessa consciência. Tudo isso em contínua evolução na medida em que essa estrutura também cresce em complexidade. Sendo

$$e/t = v,$$

podemos afirmar que a força de atração aumenta na medida em que o nada evolui em massa (quantidade e complexidade de consciência) e em que a velocidade diminui<sup>4</sup>, de modo que, ao descer até a velocidade de 300 mil quilômetros por segundo, a partícula formada pelos tetraedros de consciência produz luz e essa explosão de luz – só de luz – manifesta-se com a criação do fóton, que continua evoluindo em busca de mais massa e menor velocidade, surgindo partículas livres de “quase-matéria”<sup>5</sup> e em seguida as formadoras do átomo, assim surgindo a matéria. As experiências em execução nos aceleradores de partículas, com o objetivo de quebrá-las, estão comprovando ainda no campo da Física – ao qual se resume hoje a Ciência – que

elas crescem em velocidade quando decrescem em massa. Os físicos ainda não perceberam que sua busca levará a partículas com velocidades superiores à da luz, mas aí suas massas são inferiores às do fóton e não mais obedecem às leis da Física, mas às duas leis da Psíquica – a da atração e a da evolução – que geram o que já se começa a chamar de “**matéria escura**” e “**energia escura**”<sup>6</sup>. Quando a Física admitir a necessidade de trabalhar com sua companheira – a Psíquica – todos os mistérios e singularidades da chamada Mecânica Quântica, provavelmente estarão explicados.

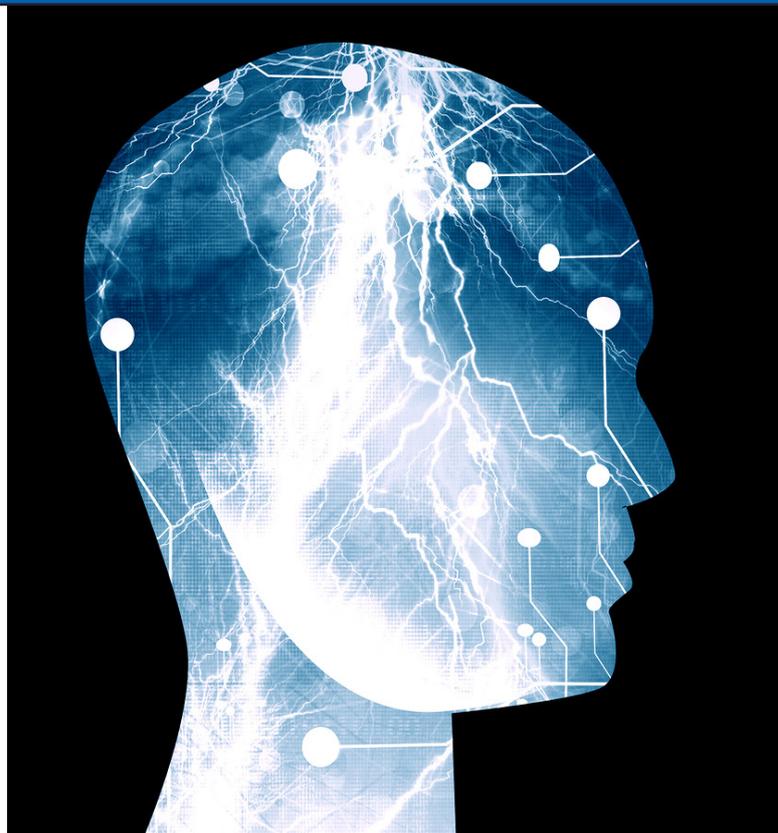
## Dedução sobre Descartes

Só agora posso chegar ao propósito deste artigo. Fazer justiça ao cientista René Descartes, até hoje não reconhecido como tal porque sua Matemática e, particularmente sua Geometria, foram jogadas no seio da Lógica, como Filosofia, podendo doravante ser acolhidas no campo da Psíquica, a ciência dos fenômenos cujas velocidades são superiores à da luz. Em verdade, assim como Newton, Descartes era um místico dedicado não só à meditação, mas igualmente à experimentação, reconhecendo o valor do processo alquímico de insistir em incansáveis repetições, numa e noutra, até surgir a revelação.

Nenhuma tecnologia, nenhuma engenharia, pode ocorrer sem a aplicação do método científico. Na base de toda descoberta científica encontra-se a Teoria que parte do raciocínio lógico, cujo resultado deve ser escrito para ser submetido à verificação experimental – isto é Ciência – podendo esse registro ser feito por escrito, quer literariamente (no idioma do pesquisador), quer matematicamente. A dedução, seja literária, seja matemática, é essencial ao processo de formulação das propostas a serem submetidas ao crivo da experiência, que, repetida e oferecendo sempre o mesmo resultado, comprova a hipótese, confirma a teoria e estabelece a verdade.

Este é o método, que continua sendo o de Descartes, apesar do laboratório científico do neurologista português António R. Damásio levar a considerá-lo em erro<sup>7</sup>, erradamente. O erro de Damásio é um típico exemplo de que o laboratório científico – como qualquer ferramenta – sendo mal utilizado pode provocar mais estrago do que conserto. O trabalho científico de Damásio é meritório e conduzido com extremo cuidado em laboratório, mas não escapa ao compromisso da ciência moderna com a ideologia materialista que só vê metade do Universo, aquela onde os fenômenos ocorrem em velocidades abaixo (e igual) à da luz. O que ele considera errado em Descartes é justamente aquilo que nos leva à outra metade, além (ou aquém) da Física, lugar do que estamos propondo ser o da Psíquica, campo de estudo dos fenômenos que ocorrem em velocidades superiores à da luz, tendendo para valor infinito.

Damásio começa sua crítica a Descartes justamente naquilo que o faz citado universalmente: sua frase “Je pense, donc je suis” – em francês – e “Cogito, ergo sum” – em latim, traduzida corretamente para o português, como “Penso,



logo existo”. Há uma sutil diferença entre os verbos SER e EXISTIR, que os ingleses e franceses não percebem, por terem um único verbo para SER e ESTAR, assim unidos num único significado: EXISTIR. Nós, que nos comunicamos com a língua portuguesa – o caso de Damásio – separamos e ganhamos com isso, na busca da verdade, mas perdemos a necessária noção de que, para EXISTIR, não basta SER. É necessário também ESTAR. Como vimos aí atrás, um ponto, não tendo dimensão, só existe porque tem posição. Sem ela, ele não existe porque é aquilo que o torna um ENTE, um ser geométrico. Mais importante é que Descartes viu a necessidade de uma consciência para existir, ou seja, para marcar sua posição.

O erro de Damásio, oriundo talvez da sua reflexão na língua portuguesa, consiste na ideia de que se possa estar em algum lugar, sem ser coisa alguma, isto é, sem ter a consciência disso, o que o teria levado a admitir que se possa existir sem pensar. Daí, a ideia de que o pensamento, a consciência, não é inerente à existência, sendo encontrada apenas no cérebro, como um procedimento – um fenômeno – que ele estuda, pesquisa e conhece profundamente, encontrando respostas que o fazem, neurologicamente, produtor da consciência. O erro de Damásio é justamente este, porque ainda mais precisamente do que o fez Descartes, podemos afirmar, tomando como evidência, que EXISTO, LOGO PENSO. Não se pode existir sem pensar porque é a consciência da posição dos pontos em todo o Universo que os estrutura, em conjuntos geométricos de consciência, formadores da massa, que cresce com o tempo – duração da consciência – ao diminuir a velocidade, conforme já vimos.

## Base da teoria de Damásio

Escreveu Damásio: “Existimos e depois pensamos e só pensamos na medida em que existimos, visto o pensamento ser, na verdade, causado por estruturas e operações do ser”. Este é o ponto. Como neurologista, encarando a Psicologia com o seu campo meramente biológico, material, físico, António Damásio limita-se ao seu laboratório, trabalhando com o cérebro, que é o resultado da lei da evolução, desde que quatro pontos infinitesimalmente próximos formam um tetraedro e têm consciência disso, porque um ponto nada mais é do que pura consciência de posição, cuja duração cria o tempo, assim completando o espaço tetradimensional, que Albert Einstein, apressadamente chamou de espaço-tempo, como se o tempo não fosse parte do espaço, apenas uma duração que se associa a três direções da consciência. Evidentemente, Einstein estava limitado à realidade, que é relativa e não existe para velocidades acima daquela do fóton, que surgiu numa explosão de luz, na sua evolução para partículas de maiores massas e menores velocidades, isto é, o mundo da energia e da matéria, jogando o valor da velocidade da luz na equação de Newton e restringindo-a apenas a essa realidade, campo da Física, ignorando totalmente a base de tudo, a Psíquica, que agora estamos propondo, para completar o quadro do Universo.

Trago este tema a debate para mostrar que o “Erro de Damásio” é o de limitar sua neurologia à Física, ignorando serem os neurônios da Psicologia um produto da Psíquica, como tudo o mais. Estamos trazendo este exemplo magnífico, pela alta capacidade do pesquisador António R. Damásio e da sua elevada qualidade como cientista da matéria, para que, no nosso campo, da Engenharia, também façamos a necessária revisão e comecemos o aprofundamento do estudo dos materiais de construção e dos proce-

dimentos em projetos e obras, enfatizando mais a Química e a Matemática, respectivamente, aprofundando-as em direção à Psíquica, com o objetivo de melhor dialogarmos com os materiais e fazermos não apenas neles, mas com eles, a alquimia da transformação que nos permita afirmar não apenas que Deus é Engenheiro, mas também que os engenheiros podem ser deuses, quer na criação, quer na construção.

### E-mails e blogs de contato

leonidamm@gmail.com

<http://adinoel-blogart.blogspot.com>

<http://adinoel-adinoelmottamaia-adinoel.blogspot.com>

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAMÁSIO, António R. O Erro de Descartes. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DESCARTES, René. Discurso do Método. São Paulo: Parma, 1983.

MAIA, Adinoel Motta. A Cruz dos Mares do Mundo: Morte no Museu de Arte Sacra. Salvador: Amme, 2011.

MAIA, Adinoel Motta. Humanidade: Uma Colônia no Corpo de Deus. São Paulo: Melhoramentos, 1981.

MAIA, Adinoel Motta. “Teoria Unificada do Universo”. Revista do Instituto Geográfico e Histórico da Bahia, 102 (2007)

PENROSE, Roger. A Mente Nova do Rei: Computadores, Mentes e as Leis da Física. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

1 – A massa da unidade de consciência, ou seja, a quantidade de consciência correspondente apenas a posição de um ponto, sem dimensão. Assim um tetraedro, que é formado por quatro pontos adjacentes, teria massa quatro vezes maior que a de um ponto. Dois tetraedros unidos por suas bases, mais um ponto, cinco unidades de consciência, massa cinco. E assim por diante.

2 – É fundamental compreender que a consciência não é um atributo físico, mas o fator determinante da existência de uma posição, sem o qual esta não ocorreria assim fixa, permanente, individualizada e de modo que cria, à sua volta, os intervalos indispensáveis a essa existência nas três direções do espaço. A aceitação desse fundamento como evidência é indispensável à concepção do pensamento como uma atualidade – duração da consciência (tempo) igual a zero – que se repete igualmente – não mais em direção, mas em duração – determinando intervalos tão pequenos que se fossem menores não existiriam.

3 – Ver a “Teoria Unificada do Universo”, indicada na bibliografia, mas podendo ser acessada no Google, digitando-se o título assim, entre aspas.

4 – Quando “t” tende para zero, “v” tende para infinito. Nesse processo, na medida em que o tempo (duração da consciência) aumenta, a velocidade cai.

5 – Ver Humanidade uma Colônia no Corpo de Deus, na bibliografia.

6 – Nos apêndices do romance A Cruz dos Mares do Mundo (ver bibliografia) evidencia-se a relação entre a Física e a Psíquica, de modo que o campo daquela está para o desta como o estudo da Fisiologia está para o da Psicologia. A Psicologia, no entanto, sendo uma disciplina ainda restrita à estrutura neural no ser humano, também ainda é parte da Biologia, que está no campo da Física.

7 – Ver o livro O Erro de Descartes, que obteve sucesso mundial, sem contestação até este momento.



# Considerações sobre manutenção e reabilitação de sistemas de revestimento de fachadas

Eng. Adailton de Oliveira Gomes

Eng<sup>a</sup> Célia Maria Martins Neves

**Resumo:** A presente comunicação técnica aborda a questão da manutenção de fachadas, destacando o uso de materiais tanto tradicionais quanto inovadores, e alerta para a necessidade da manutenção como forma de promover o prolongamento da vida útil das edificações. Resumidamente, descreve características da manutenção corretiva, que é realizada, algumas vezes, já em caráter de recuperação — quando as manifestações patológicas comprometem, pelo menos, a estética da edificação — e ressalta as vantagens da manutenção preventiva, apesar de ser esta uma prática menos frequente. Em seguida, para a devida verificação do estado físico do sistema de revestimento das fachadas, indica a avaliação pós-ocupação como procedimento usual, relacionando as atividades da vistoria e os dados a serem obtidos. Trata da revitalização do sistema de revestimento, planejada como forma de recuperar seu desempenho, ou de inserir a edificação no contexto contemporâneo de salubridade e beleza, descrevendo

os principais serviços a serem executados, e estabelecendo os critérios para avaliação do sistema de revestimento original, cujas observações sobre o estado físico atual indicam as formas de intervenção a serem feitas. Finalmente, reforça a necessidade de manutenção do sistema de revestimento em fachadas, ressaltando a importância de seguir, nas intervenções, o projeto e os procedimentos específicos para cada edificação.

**Abstract:** This paper relates to research performed on façades, the use of traditional and new materials relating to the same, and its maintenance requirements. In summary, it presents how to perform corrective maintenance on façades, which is sometimes performed to recover the building in cases where its degradation affects the aesthetics of the building, as well as the advantages of preventive maintenance. It also presents the evaluation to be performed after the occupation of the building as routine procedure. It shows how to improve the covering of the façade, either to correct performance issues or for aesthetic reasons, describing how to evaluate the original façade in order to provide the best intervention option. Finally, reinforces the need for system maintenance coating facades, emphasizing the importance of following the interventions, the project and the specific procedures for each building.

## 1. INTRODUÇÃO

As fachadas contribuem significativamente para definir o status da edificação. Muita atenção se dá à definição de materiais e detalhes arquitetônicos das fachadas na fase de projeto, uma vez que sua aparência faz parte da comercialização e do interesse de propriedade da unidade, de natureza habitacional ou comercial, ou destaca o edifício como uma marca característica que identifica a empresa no mercado imobiliário.

Para o acabamento de fachadas, a indústria da construção civil sempre oferece novos materiais ou a possibilidade de novos usos de materiais convencionais, que vão se incorporando à lista dos tradicionais. Às inovações tecnológicas ou de materiais, soma-se também a ousadia dos profissionais, que buscam destacar materiais ou formas para criar obras atraentes e significativas. Em relação aos novos materiais, pode-se exemplificar a oferta tardia dos polímeros nos últimos 25 anos do século XX — quando os polímeros chegaram à construção civil, como material principal ou como auxiliar — tais como as colas e resinas que se agregam aos materiais tradicionais no sentido de melhorar seu funcionamento e permitir novos usos. Em relação ao destaque de materiais tradicionais, vale citar a engenhosidade do arquiteto Fernando Peixoto, cujo uso das cores fortes, contrastes e grafismos marcam as fachadas construídas com revestimentos cerâmicos de muitos edifícios em Salvador. Ele tem hoje alguns seguidores cujos projetos valorizam o aspecto da cidade.

Em todo o mundo, encontram-se inúmeros edifícios que são destaques por suas fachadas, seja pelo material de acabamento, pela composição de cores, seja pela forma. As fachadas, no entanto, assim como as demais partes do edifício, necessitam de cuidados para conservar ou prolongar sua vida útil<sup>1</sup>. As funções relativas ao seu desempenho, que garantem, entre outras exigências, a vedação e estanqueidade da parede, precisam ser asseguradas permanentemente pelos materiais empregados e pelos procedimentos de execução.

Daí surge a necessidade de manutenção<sup>2</sup>, de caráter preventivo ou corretivo, e, às vezes, de sua reabilitação, que pode ser feita não somente no intuito de promover o prolongamento de sua vida útil, mas também como forma de atualização ao novo gosto arquitetônico.

Esta Comunicação Técnica aborda brevemente a manutenção de fachadas com sugestões sobre como proceder para identificar as intervenções necessárias, além da exposição de caso referente à revitalização do sistema de revestimento de fachadas, com indicação das atividades e critérios para avaliação da argamassa do sistema de revestimento. Para a exposição de caso, usa-se o exemplo de uma edifi-

cação com sistema de revestimento constituído de camada de argamassa com acabamento decorativo em pintura, cuja decisão é substituir a pintura por pastilha cerâmica.

## 2. CONSIDERAÇÕES SOBRE MANUTENÇÃO DE FACHADAS

Os sistemas de estrutura, alvenaria de vedação e revestimento, que constituem basicamente a envoltória do edifício, devem apresentar características compatíveis entre si, com o objetivo de cumprir suas funções e atender aos requisitos de desempenho<sup>3</sup>. Mesmo com a garantia das características intrínsecas de cada material e sua técnica de aplicação, o comportamento da envoltória do edifício resulta da compatibilidade entre os sistemas que a compõem.

As inovações tecnológicas de cada sistema, que naturalmente ocorrem na construção de edifícios, nem sempre consideram as características de outros sistemas que interagem com ele. As interfaces podem ser fontes constantes de desperdícios, retrabalhos e patologias, quando a elas não se aplicam os cuidados devidos.

O edifício é constituído por diferentes tipos de materiais que envelhecem ou se deterioram pela ação de agentes que afetam de maneira desfavorável seu desempenho. A degradação dos materiais de construção está relacionada com a ação das intempéries, dos agentes biológicos, de esforços, de incompatibilidade entre eles e de fatores de uso. Sua durabilidade está, portanto, vinculada à manutenção do edifício.

Existem basicamente dois tipos de manutenção: - a manutenção corretiva, mais tradicional, cujo conceito se confunde com o de recuperação, há muito vem sendo realizada sob pena de, em longo prazo, os danos decorrentes da negligência continuada se tornarem irreparáveis;

- a segunda, a manutenção preventiva, de conceito e adoção mais recentes, visa ao controle das atividades de inspeção com o intuito de prever futuras intervenções, assim como corrigir falhas incipientes que venham a comprometer a vida útil do sistema de revestimento. Pela pouca evidência da sua necessidade, ainda é comum que fique em segundo plano, o que implica posteriormente custos maiores de recuperação, quando as manifestações patológicas se intensificam.

As atividades de manutenção do sistema de revestimentos de fachada são, portanto, essenciais para garantir o estado físico do edifício, pois visam recuperar deficiências relativas ao seu desempenho, estendendo sua vida útil, uma vez que:

1\* materiais assentados sobre argamassas normalmente perdem sua capacidade de aderência se houver infiltração de água, pois alterações físicas ou químicas ocorrem nos produtos à base de cimento em presença de água e de agentes atmosféricos procedentes do meio marinho ou de outras fontes agressivas;

2\* as cidades localizadas ao longo da orla marítima sofrem a ação da névoa ou do spray marinho que é lançado pela brisa. A superfície do revestimento torna-se mais úmida, facilitando o depósito de partículas poluentes existentes no ar. Além disso, os materiais que constituem as fachadas das edificações podem sofrer alterações físicas/químicas decorrentes da ação deste meio agressor, reduzindo o seu desempenho.

As fachadas dos edifícios e as estruturas de concreto aparente estão sujeitas à degradação por diversos agentes. Sua manutenção preventiva geralmente é mais eficiente e de menor custo que a corretiva, e proporciona o controle das condições de durabilidade dos materiais, da sua estanqueidade e do aspecto estético.

Conhecidos os aspectos relativos às intervenções nos sistemas de revestimento das fachadas, a tomada de decisão para realização dos procedimentos necessários à manutenção requer do proprietário/usuário a plena consciência da sua importância, uma vez que as ações envolvem planejamento, tempo e custos, fatores que podem levar a negligenciar as providências adequadas.

Programar inspeções periódicas no sistema de revestimento — juntas de movimentação, rejuntamento, pintura, estado do emboço/camada única — para identificar início de patologias e realizar imediatamente as manutenções corretivas assegura extensão da vida útil ao sistema de revestimento e preservação da estética das fachadas.

### 3. PROCEDIMENTOS PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CORRETIVA

É importante estabelecer as condições e procedimentos para manutenção e reparos dos sistemas de revestimento em fachadas durante a vida útil do edifício, por meio da avaliação pós-ocupação. Para isto, é necessário estabelecer a periodicidade da vistoria para cada sistema de revestimento existente no edifício e definir a lista de verificações para, através de ocorrências patológicas, avaliar o desempenho desses sistemas. A Tabela 1 apresenta a relação de requisitos de desempenho e as correspondentes manifestações patológicas mais frequentes no sistema de revestimento com a camada de argamassa.

O estado físico do sistema de revestimento é verificado visualmente e, com auxílio da lista de verificações, identifica-se, para cada requisito, a ocorrência de manifestações patológicas e outras particularidades. As atividades da vistoria consistem em:

- Localizar as ocorrências em planta e por pavimento, quantificadas em área e, se possível, identificar as suas causas prováveis.
- Indicar, se necessário, a realização de ensaios ou parecer de especialistas para avaliar ocorrências patológicas.

Além disso, a avaliação pós-ocupação de cada período deve indicar:

- estado físico atual;
- os serviços de manutenção e correção efetuados

anteriormente, se for o caso;

- parecer sobre a eficiência desses serviços.

Em função dos aspectos observados na vistoria e de ensaios e pareceres elaborados, avalia-se o estado físico dos sistemas de revestimento, estabelecendo, se necessário, intervenções para corrigir ou prever danos. O relatório deve conter informações sobre o estado físico do sistema de revestimento do edifício, as manifestações patológicas observadas e as ações recomendadas.

### 3.1 Controle, registro e outras observações

É fundamental o registro de toda intervenção realizada no edifício que tenha relação com os sistemas de revestimento. As intervenções efetuadas, tanto pelo Cliente como pela Construtora, devem ser assinaladas em planta, por pavimento, e registradas, a exemplo de:

- manutenção preventiva – limpeza das fachadas, tratamento de fissuras, rejuntamento das pastilhas, etc.;
- repintura;
- reparos – tipo e quantificação;
- ampliações.

Recomenda-se manter atualizado o arquivo dos registros da avaliação pós-ocupação periódica com resultados de ensaios e pareceres técnicos, se realizados, bem como o resultado de intervenções executadas em função de reparos recomendados.

Não existe ainda estabelecida uma frequência adequada para a periodicidade das vistorias. Sugere-se que se estabeleça, junto à Construtora, o compromisso da realização da primeira inspeção, no primeiro ano, quando as deformações são mais acentuadas. Posteriormente, a cada dois anos, durante a vida útil da edificação. As vistorias poderão ser procedidas pela mesma empresa ou outra do setor competente na área. É recomendável definir previamente a responsabilidade pelas inspeções de forma a evitar futuros desgastes entre Cliente e Construtora.

## 4. REVITALIZAÇÃO DO SISTEMA DE REVESTIMENTO

Os serviços de intervenção para restauração ou revitalização da integridade de sistema de revestimento de edifícios só devem ser executados após a elaboração de projeto e procedimentos, que necessitam visar, principalmente, a eliminação das patologias, independente de suas origens.

No sentido de revitalizar a estética das fachadas, o sistema de revestimento original dos edifícios, que é constituído da camada de argamassa e acabamento decorativo — cerâmico ou pintura — é substituído parcial ou integralmente de forma a inserir a edificação no contexto contemporâneo de salubridade e beleza.

O novo sistema de revestimento compreende a camada de argamassa, já existente devidamente restaurada, e o acabamento decorativo previsto. A mudança do acabamento decorativo significa a introdução de elementos apropriados ao novo material empregado.

Conforme informado anteriormente, este estudo de caso trata da substituição do acabamento decorativo em pintura por pastilha cerâmica. Por isso, no novo sistema de revestimento devem ser executadas juntas de movimentação<sup>4</sup> — que dividem toda a área de revestimento em painéis predefinidos — e juntas de assentamento<sup>5</sup> entre as peças cerâmicas. A nova camada de argamassa, antes denominada camada única, passa a ser tratada como emboço.

Além disso, como se trata de um sistema de revestimento já existente, é necessário proceder à avaliação da camada de argamassa, substituindo ou recuperando partes onde houver alguma deficiência.

O serviço deve ser executado com base em um projeto específico que estabelece a localização das juntas de movimentação e indica outros elementos e reparos necessários para o desempenho do novo sistema de revestimento, determinados de acordo com as normas e outras recomendações para revestimento de fachadas.

#### 4.1 Serviços a serem realizados no sistema de revestimento original

O esquema apresentado na figura 1 mostra as etapas do processo de reabilitação do sistema de revestimento das fachadas, que consiste em restaurar a camada de argamassa e substituir totalmente o acabamento existente (pintura), por pastilhas cerâmicas.

#### 4.2 Procedimentos

O procedimento para reabilitação do sistema de revestimento inicia-se com a remoção total da pintura do sistema de revestimento original. A continuidade do serviço consiste em:

- verificar o estado da camada de argamassa existente através de observação visual e teste de percussão;
- remover a argamassa nos locais onde estiver fragilizada, ou apresentar som chocho, quando percutida, isto é, apresentar estado crítico, identificado conforme apresentado na tabela 1;
- preparar e limpar a base de revestimento;
- tratar as fissuras provenientes da alvenaria ou da ligação alvenaria-estrutura de concreto;
- tratar as fissuras decorrentes da retração da argamassa, nos locais onde a camada de argamassa apresenta estado aceitável;
- preparar a argamassa especificada;
- aplicar a argamassa para executar o novo emboço; ou
- aplicar argamassa polimérica para regularizar a superfície da camada de argamassa remanescente, se for o caso;
- assentar e rejuntar as pastilhas cerâmicas;
- executar as juntas de movimentação nos locais indicados no projeto específico para reabilitação do sistema de revestimento das fachadas.

Para a substituição da camada de argamassa removida, deve-se usar argamassa que seja compatível com a existente. De modo geral, na regularização da superfície do emboço é usada argamassa polimérica, industrializada. Considera-se regularização do emboço a execução de

uma camada de argamassa de até 1 cm sobre a camada de argamassa remanescente após a remoção da pintura do sistema de revestimento original e de pequenas intervenções, tais como a remoção de torrões soltos ou de pulverulência.

As pastilhas cerâmicas são fixadas ao emboço com argamassa colante e rejuntadas com argamassa de uso específico.

#### 4.3 Critérios para avaliação da camada de argamassa original

Para avaliar o estado físico da camada de argamassa remanescente após a remoção de pintura, adota-se a observação visual, a passagem da colher de pedreiro sobre a superfície e o teste de percussão, usando os critérios indicados na tabela 2.

Para identificar o reconhecimento das condições do estado físico da camada de argamassa original, adotar os seguintes conceitos:

*Fissura por retração da argamassa* – conjunto de aberturas curtas e descontínuas na superfície da argamassa, sem direcionamento definido, formando desenhos aleatórios;

*Fissura devido à deficiência da alvenaria* – abertura contínua na superfície da argamassa, geralmente no sentido vertical ou inclinado;

*Fissura na ligação da alvenaria com a estrutura de concreto* — abertura contínua, localizada ao longo do encontro entre essas partes;

*Pulverulência* – pequenas partículas sólidas soltas, sem ligação entre elas, removíveis pela passagem da mão;

*Torrões soltos* – conjunto de partículas ligadas por coesão, que se desprende facilmente da camada de argamassa quando raspado com a colher de pedreiro;

*Aderência deficiente* – união comprometida entre a camada de argamassa e a base, identificada pela emissão de som cavo, ou chocho, durante o teste de percussão com um pequeno martelo;

*Desagregação* – presença de material frágil que se desmancha com facilidade quando raspada com a colher de pedreiro.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intenção desta Comunicação Técnica foi apresentar algumas reflexões sobre os temas manutenção e revitalização de sistemas de revestimento em fachadas, destacando a importância das atividades da manutenção preventiva, e distinguindo as atividades de manutenção e de revitalização que, algumas vezes, se confundem, embora correspondam a diferentes objetivos e ações.

O desempenho adequado do sistema de revestimento de fachadas não depende apenas de um bom projeto e da execução correta, mas também da forma como é tratado durante sua vida útil. O revestimento cerâmico pode ser considerado altamente durável, mas isto não significa a desobrigação das atividades de manutenção de caráter preventivo ou corretivo. As tintas, por sua vez, são materiais que exigem renovação periódica, mas que quase sempre é prorrogada, uma vez que implica principalmente custos, nem sempre previstos por aqueles que devem assumi-los.

Por outro lado, é importante buscar instruções para realização das atividades de modo a evitar comprometimentos futuros, como, por exemplo, o uso de ácidos e bases fortes na limpeza, que podem gerar patologias quando não são devidamente empregados.

Destaca-se, assim, a importância de um plano de manutenção corretamente concebido que pode prevenir o desenvolvimento de patologias que, por sua vez, exigem ações mais intensas e custosas no seu tratamento.

Quanto à revitalização do sistema de revestimento de fachada, reforça-se a necessidade de seguir o projeto e procedimentos específicos para cada caso, de modo a evitar problemas ao invés de buscar soluções para recuperação do sistema.

É sempre importante ressaltar que os serviços de manutenção ou de revitalização implicam custos elevados, nem sempre planejados pelos usuários da edificação que devem assumir as devidas despesas.

E, finalmente, ressalta-se a necessidade de planejar fachadas, cujo acesso seja facilitado às ações de limpeza, manutenção e inspeção detalhada, com total segurança e facilidade.

### Agradecimento

Os autores agradecem à Eng<sup>a</sup> Ana Helena Hiltner por suas valiosas sugestões e cuidadosa revisão do texto.

### Currículos

Adailton de Oliveira Gomes, engenheiro civil, mestre em Engenharia Ambiental Urbana, projetista de sistema de revestimento de fachadas, consultor em tecnologia de edificações, titular da empresa AG Consultoria, professor aposentado da Escola Politécnica da UFBA, membro da equipe do CETA — Centro Tecnológico da Argamassa da Escola Politécnica da UFBA.

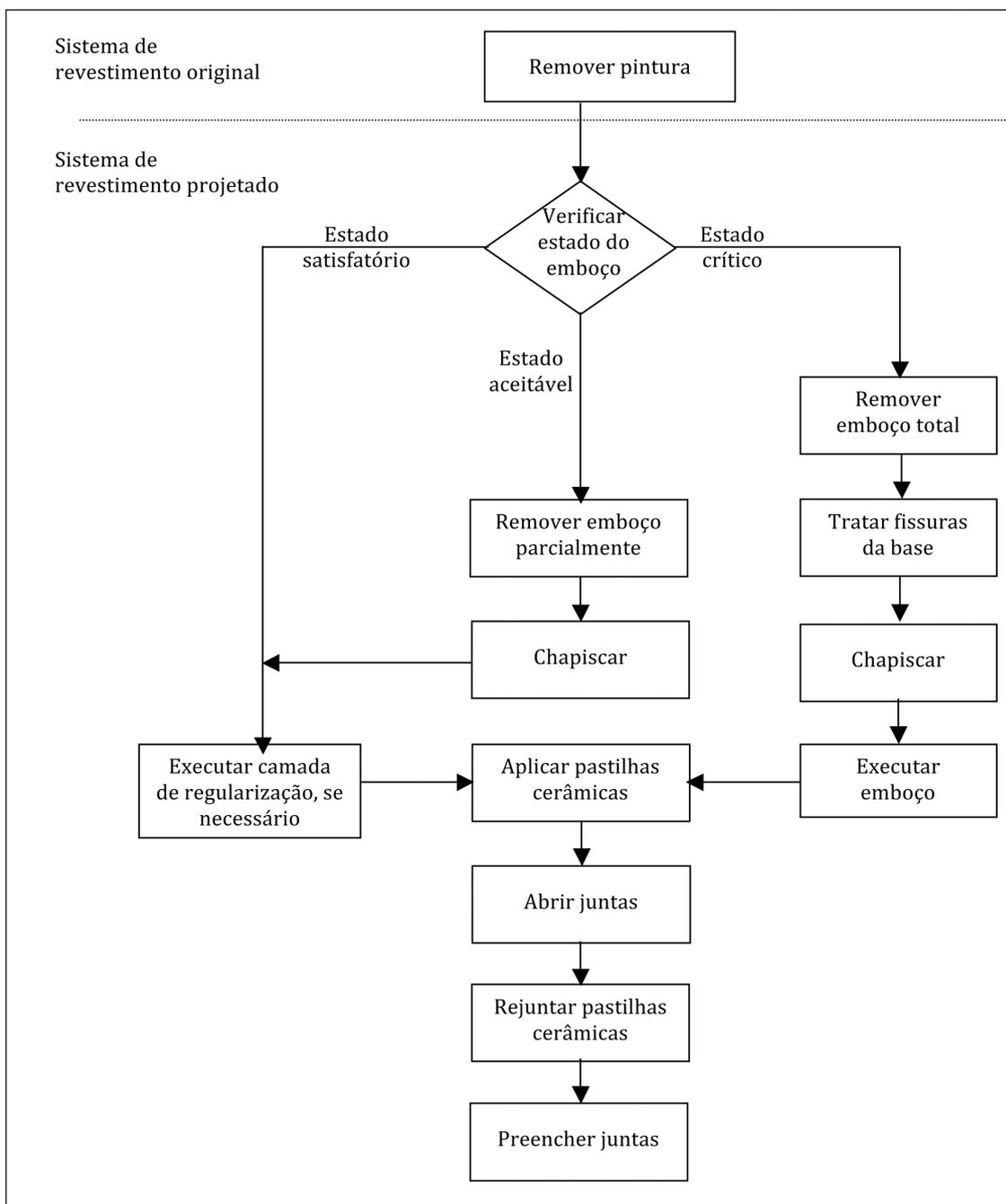
Célia Neves, engenheira civil, mestre em Engenharia Ambiental Urbana, consultora em tecnologia de edificações, titular da empresa CN Consultoria, pesquisadora aposentada do CEPED – *Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Universidade do Estado da Bahia*, coordenadora da *Rede TerraBrasil*, coordenadora do Projeto de Investigação PROTERRA/HABYTED/CYTED, já finalizado; membro do Conselho Consultivo da Rede Ibero-Americana PROTERRA. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/4056186394947507>.

**Tabela 1** – Relação de requisitos e manifestações patológicas

Requisitos de desempenho do sistema de revestimento	Manifestações Patológicas
Estanqueidade	manchas de umidade presença de bolor e de fungos eflorescência vesículas
Durabilidade	pulverulência fissuras descolamento da argamassa descolamento de pastilhas cerâmicas
Aspecto estético	alteração de cores degradação superficial manchas fissuras

**Tabela 2** – Avaliação da camada de argamassa original

Estado	Condição	Intervenção	Reparo
<b>Satisfatório</b>	- sem fissuras - sem torrões soltos - sem pulverulência - com aderência	regularização superficial	limpar a superfície e restaurar com a aplicação da camada de regularização, se necessário
<b>Aceitável</b>	- torrões soltos - fissuras por retração da argamassa	recuperação da camada de argamassa	remover os torrões, tratar as fissuras, limpar a superfície e aplicar a camada de regularização
<b>Crítico</b>	- aderência deficiente - fissuras decorrentes da alvenaria ou da ligação alvenaria estrutura de concreto - pulverulência - desagregação	substituição da camada de argamassa	remover a camada de argamassa, tratar as fissuras, limpar e tratar a superfície e aplicar nova camada de argamassa



Esquema das atividades para a restauração do sistema de revestimento original

Figura 1

1 – Corresponde ao intervalo de tempo, que sob determinadas condições, começa num dado instante, regularmente entrada ao serviço ou função e termina quando a taxa de avarias se torna inaceitável ou quando o bem é considerado irreparável no contexto operacional, técnico ou econômico.

2 – Conjunto de revisões e operações normais na conservação de um bem.

3 – Corresponde ao comportamento de um elemento durante a sua utilização, que pode ser entendido como o resultado do equilíbrio dinâmico que se estabelece entre o elemento e o meio.

4 – Espaço regular na camada do revestimento, cuja função é subdividi-lo para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base e do próprio revestimento, evitando o aparecimento de fissuras e descolamentos

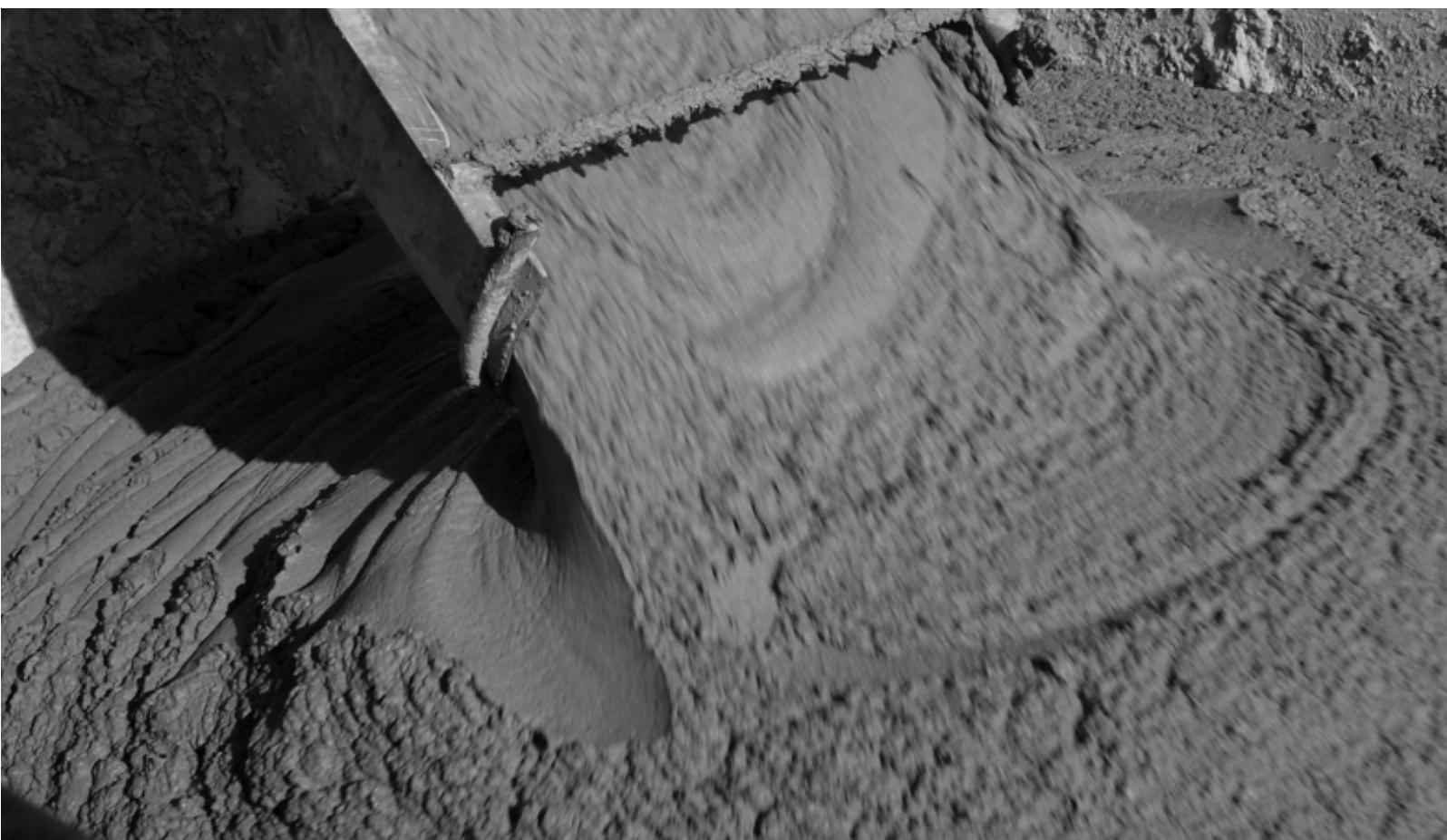
5 – Espaço regular entre duas peças cerâmicas adjacentes do revestimento

**N**os dias 04 e 05 de junho o Instituto Politécnico da Bahia realizou, em conjunto com a UFBA, CIENAM e Mestrado em Engenharia Ambiental da UFBA mais uma edição do evento Construção Mais Sustentável.

O evento busca difundir conceitos e práticas construtivas relativas aos temas que envolvem a sustentabilidade na Construção Civil, e contou com o apoio das seguintes empresas e instituições: CIVIL, ODEBRECHT Infraestrutura, CBIC – Câmara Brasileira da Indústria e Construção, Caramelo Arquitetura e Associados LTDA, SINDUSCON–BA, Comunidade da

Construção e Prêmio Odebrecht.

Durante os dois dias do evento, 227 inscritos puderam assistir a diversas palestras proferidas por Marcella Saade – UNICAMP, o Arquiteto Antonio Caramelo, o Engenheiro Thales de Azevedo Filho e a Mestre em Ciências Natasha Thomas, o Professor Romildo Dias Toletto Filho – COPPE – UFRJ, a Engenheira Diana Paes – Odebrecht Infraestrutura e Rafael Cardos Valente – CIVIL LTDA., além de participar dos minicursos “Canteiro de Obra de Baixo Impacto Ambiental” e “Certificado Ambiental”, ambos ministrados pela Doutora Clarice Degani.



**N**o período de 15 a 18 de julho próximo, o Instituto Politécnico da Bahia, juntamente com o CETA – Centro Tecnológico da Argamassa da Escola Politécnica da UFBA – e a Comunidade da Construção Salvador-BA, promove a IX Semana Pensando em Argamassa com as propostas de contribuir para a transformação das práticas construtivas tradicionais em tecnologia apli-

cada à construção civil e de divulgar as melhorias tecnológicas. O evento, que se destina a todos aqueles que atuam na área de construção civil e têm interesse em adquirir novos conhecimentos relativos à temática, acontece no Auditório Leopoldo Amaral da Escola Politécnica da UFBA. Os interessados poderão efetuar sua inscrição através do site <http://www.nst.ufba.br/>.



Politécnica