

# INNOVATIO

REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA

ISSN 2359-3377



Ano 2 - Volume 1.  
Janeiro e Fevereiro 2015.

## EXPEDIENTE

### FACULDADES INTEGRADAS DO VALE DO IGUAÇU – UNIGUAÇU

Rua Padre Saporiti, 717 – Bairro Rio D´Areia  
União da Vitória – Paraná  
CEP. 84.600-000  
Tel.: (42) 3522 6192

**CATALOGAÇÃO**  
**ISSN 2359-3377**

### ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA UNIGUAÇU

**Presidente da Mantenedora**  
Dr. Wilson Ramos Filho

**Direção Geral**  
Prof. Ms. Edson Aires da Silva

**Coordenação Acadêmica**  
Profª. Ms. Marta Borges Maia

**Coordenação de Pós-graduação, Pesquisa e Extensão**  
Cassiana Maria Rocha

**Coordenação do Curso de Administração**  
Profª. Ms. Jonas Elias de Oliveira

**Coordenação do Curso de Agronomia**  
Profª. Ms. Marcia Maria Coelho Beatriz

**Coordenação do Curso de Arquitetura e Urbanismo**  
Prof. Ms. Eliziane Cappeleti

**Coordenação do Curso de Biomedicina**  
Prof. Drª. Janaína Ângela Túrmina

**Coordenação do Curso de Direito**  
Prof. Sandro Perotti

**Coordenação do Curso de Educação Física**  
Profª. Ms. Rosicler Duarte Barbosa

**Coordenação do Curso de Enfermagem**  
Profª. Ms. Marly Terezinha Della Latta

**Coordenação dos Cursos Engenharia Civil**  
Prof. Adailton Lehrer

**Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica**  
Prof. Claudinei Dozorski

**Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica e de Engenharia de Produção**  
Prof. Esp. Daniel Machado Gonzales

**Coordenação do Curso de Farmácia**

Revista Innovatio de Tecnologia e Ciências da Terra – Ano 2 – Volume 1 – União da Vitória.  
Janeiro e Fevereiro de 2015. ISSN: 2359-3377

Prof. Ms. Marcos Joaquim Vieira

**Coordenação do Curso de Fisioterapia**

Prof<sup>a</sup>. Ms. Giovana Simas de Melo Ilkiu

**Coordenação do Curso de Medicina Veterinária**

Prof. Ms. João Estevão Sebben

**Coordenação do Curso de Nutrição**

Prof<sup>a</sup>. Esp. Wagner Osório de Almeida

**Coordenação do Curso de Psicologia**

Prof<sup>a</sup>. Esp. Darcielle Mibach

**Coordenação do Curso de Serviço Social**

Prof<sup>a</sup>. Esp. Lucimara Dayane Amarantes

**Coordenação do Curso de Sistemas de Informação**

Prof. Ms. André Weizmann

**ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA REVISTA**

**Editor Geral das Revistas Uniguaçu**

Prof. Ms. Atilio A. Matozzo

**Coeditor da Revista Innovatio**

Prof. Ms. João Estevão Sebben

**Conselho Editorial**

Prof. PHD. Gino Capobianco (UEPG/UNIGUAÇU)  
Prof. Dr. Mário Norberto Slomp (UNIGUAÇU)  
Prof. Dr. Odilei Rogério Prado (UNIGUAÇU)  
Prof. Dr. Paulo Pachchenik (UNIGUAÇU)  
Prof. Ms. Andre Luiz Souza Reis (UNIGUAÇU)  
Prof. Ms. André Weizmann (UNIGUAÇU)  
Prof. Ms. Cleverson Bússolo Klettenberg (UNIGUAÇU)  
Prof. Ms. Deividson Luiz Okopnik (UNIGUAÇU)  
Prof. Ms. Diego Lunelli (UNIGUAÇU)  
Prof. Ms. João Estevão Sebben (UNIGUAÇU)  
Prof. Ms. João Luiz Androukovitch (UNIGUAÇU)  
Prof. Ms. José Alfredo da Fonseca (UNIGUAÇU)  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Adriana Contim Bertolim (UNIGUAÇU)  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Alessandra Paula Carneiro (UNIGUAÇU)  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Aline Aparecida da Silva (CAMPO REAL)  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Larissa Geani Batalha Mello (UNIGUAÇU)  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Lionara Andressa do Amaral Kwirant (UNIGUAÇU)  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Márcia Maria Coelho (UNIGUAÇU)  
Prof<sup>a</sup>. Ms. Roseana Eda Stolte (UNIGUAÇU)

## SUMÁRIO

<b>Telhado verde: aplicações e benefícios para o escoamento pluvial na construção civil, Tainara Tayse Bolsoni .....</b>	<b>05</b>
<b>Obtenção de índices de sobrevivência de mudas de erva mate com raiz qualidade total: a implantação do método seis sigma e sua consequente revitalização dos processos empresariais, Edinilson José Slabei .....</b>	<b>26</b>

## TELHADO VERDE: APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS PARA O ESCOAMENTO PLUVIAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Tainara Tayse Bolsoni (UNIGUAÇU)<sup>1</sup>

**RESUMO:** Este artigo tem como objetivo apontar a aplicação e benefícios da utilização do telhado verde em edificações dos centros urbanos, enfatizando os resultados positivos que o sistema proporciona sobre a redução do escoamento superficial pluvial. Tendo como principais ações do processo de urbanização do século XX a retirada do verde e modificação do terreno para abrir espaço para as novas construções, desencadeando uma série de consequências ambientais e sociais, o homem passou a ter a necessidade de procurar por novas alternativas sustentáveis que contribuíssem para a reversão das sequelas que a sociedade sofre por conta de seus próprios atos. Neste contexto, é que ressurgiu a ideia do telhado verde e seu objetivo de melhorar a qualidade de vida dos moradores que utilizam esse sistema.

**PALAVRAS-CHAVES:** Telhado Verde; Pluvial; Urbanização, Sustentabilidade; Século XX.

**ABSTRACT:** This article aims to point out the application and benefits of using green roof buildings in urban centers, emphasizing the positive results that the system provides about reducing rainwater runoff. The principal actions of the twentieth century urbanization process the removal of green and terrain modification to make room for the new buildings, triggering a series of environmental and social consequences, the man started to have the need to search for new sustainable alternatives contribute to the reversal of the consequences that society suffers because of his own actions. In this context, is that resurfaces the idea of the green roof and the aim of improving the quality of life of people who use this system.

**KEYWORDS:** Green Roof; Pluvial; Urbanization, Sustainability; XX Century.

### 1 INTRODUÇÃO

O homem é um dependente da natureza, assim como a natureza é uma vítima do homem. Desde os tempos remotos, ele não sabia e ainda não aprendeu a presumir as consequências dos seus atos e como consequência temos o estado atual da Terra.

Para a sua sobrevivência, o humano usou sem medo todos os recursos que a natureza podia proporcionar: a água, os animais, a matéria-prima, minerais, oxigênio, etc. E por não se intimidar com a grandeza natural, acabou a prejudicando e ganhando todas as batalhas contra ela.

---

<sup>1</sup> Acadêmica do 3º Período do Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas do Vale do Iguaçu (Uniguaçu).

A natureza foi apropriada pelo homem e, graças a ela, nós existimos na sociedade feita de concreto que vivemos hoje. Temos residências, comércios, indústrias, muros, monumentos, rodovias, viadutos, ruas e tudo o que se pode imaginar. A única coisa que falta, é ela própria. A natureza foi doando o seu espaço, mesmo com negação, para as edificações.

Oportunista, o homem passou a ver uma aparência monetária em suas coisas. Deste modo, ele metodizou sua forma de viver, iniciando suas negociações para sua benfeitoria. Contudo, ele achou que, por equívoco, tinha responsabilidade para com a natureza e a sistematizou também. E foi assim que a natureza se transformou em moeda.

Porém, não era bem a natureza em si a vendida e sim o espaço que ela ocupava. Quando é comprado um pedaço de terra, a primeira ação é acabar com todo o tipo de natureza que possa atrapalhar a construção. E assim foi até que o homem nem necessitou mais de grandes esforços para retirar o verde. Ele já foi se acabando sozinho por falta de lugar para se amparar.

Quando paramos para ouvir o socorro da natureza, notamos a água e ar contaminados, os rios com seus percursos modificados, sua fauna e flora sem habitat, sua escassez de recursos, sua terra impermeável e sua grandiosidade em estruturas materializadas. Graças às poucas, mas brilhantes mentes de pessoas que resolveram contribuir com o meio ambiente, algumas ações começaram a ser tomadas.

Começaram com atitudes bem simples, como ter mudas de plantas em casa, o incentivo em plantar árvores, construir praças e fazer reservas ambientais, e logo passou para atitudes mais elaboradas e tecnológicas, como tratamento de esgoto, reutilização de resíduos de todos os tipos materiais possíveis, utilização otimizada da água, controle de gases poluentes, elaboração de técnicas de construções sustentáveis, etc. Foi nesse meio que apareceu a ideia de cobertura verde.

Na verdade, conforme Osmundson (1999) citado por Nascimento (2008), essa ideia de cobertura vegetal já havia começado nos anos 4000 a.C., mas não para fins de preservação natural. Esse costume recomeçou depois de 1930, após o período de industrialização, e se intensificou nos anos 80. Não só visando a natureza, mas o

telhado verde é uma opção muito útil em países tropicais, pois ele reduz a temperatura dentro das estruturas onde ele é implantado e aumenta a umidade relativa do ar. Ele também funciona como uma peneira, filtrando impurezas que vagam na atmosfera.

Segundo Souza (2005) com a implantação do telhado verde, temos os ganhos paisagísticos, ambientais e econômicos. Paisagísticos por implantarmos o verde antes insuficiente; ambientais pelo chamado de biodiversidade, já que iremos dar um lugar para insetos, pássaros, pequenos animais e vegetações se instalarem; e econômico por reduzir a necessidade de energia para redução das ilhas de calor, umidificar o ar, utilização de água potável onde não necessita ser ao toda potável, etc.

Como o solo se tornou quase que impermeável, o telhado verde vem com um grande papel nesse quesito também. Com uma camada de drenagem em sua estrutura, ele absorve e armazena a água pluvial necessária para a sobrevivência de sua vegetação e o excedente ele direciona para escoamento. Esse restante de água pode ser armazenado para reutilização, como em privadas. Resumindo, a cobertura vegetal evitará enxurradas e enchentes, pois a água pluvial será direcionada para locais apropriados e não ficará acumulada na superfície.

## 2 SUSTENTABILIDADE

Um dos maiores clichês da atualidade é falar sobre sustentabilidade. Para tanto, já se perdeu o conhecimento sobre o que é realmente sustentabilidade. Não é apenas reciclar o lixo ou diminuir os gases poluentes, como se pensa equivocadamente. Essas ações fazem parte do processo, mas ter uma consciência sustentável é um aglomerado muito maior de atitudes.

Segundo o Dicionário Priberam (2008), sustentabilidade é o modelo de sistema que tem condições para se manter ou conservar. Ou seja, é utilizar o que a natureza nos oferece, dando o que ela necessita em troca, de forma a estabelecer um respeito e equilíbrio com o meio ambiente.

Como se pode notar, a consciência da exploração de recursos naturais parece que se perdeu faz algum tempo, resultando num crítico estado físico da Terra. E o maior empecilho para que seja possível aplicar limites para essa exploração são os problemas políticos-culturais, em todas as partes do planeta. Conforme artigo publicado da *Guardian Environment Network*, um exemplo desse impedimento são os resultados do Protocolo de Kyoto apresentado na COP-18 (*UN Climate Change Conference*, traduzido Conferência do Clima), onde, por um lado, alguns países se saíram muito bem diminuindo sua taxa de poluição, a modelo da Rússia que diminuiu sua taxa em 30%. Por outro lado, outros países se saíram mal, aumentando suas taxas, como se comportou a China e os Estado Unidos da América (EUA).

Apesar disso, a sociedade está começando a ter uma concepção diferente no modo de agir com o meio ambiente, procurando seguir algumas atitudes básicas para diminuir ou compensar a exploração da Terra. Conforme Sachs (1986) há dois pilares essenciais para que se tenha sustentabilidade: ter viabilidade econômica para que seja possível sua implantação e manutenção, e ser igualmente justo para todos os lados sociais e ecológicos.

No que tange a engenharia, a construção civil é uma das entidades que estão adotando, aos poucos, mas ainda essencial, uma posição correta com o meio ambiente. Agopyan *et al.* (1998) aponta que as primeiras atitudes sustentáveis na construção civil no Brasil começou em meados de 1990, com estudos sobre a redução de desperdícios de materiais nos canteiros de obra.

Ainda que tenham se mantido essas atitudes, ainda não eram e não são suficientes para resolver o problema sustentável dentro da construção de moradias. Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2010), é necessário visar a qualidade dessas moradias, tendo em conta a sustentabilidade, durabilidade, a manutenção e a adequação ambiental. *U. S. Green Building Council* ainda afirma que deve haver um bom planejamento sustentável do local, eficiência energética e de recursos hídricos bem protegidos contra agentes externos e destinação correta de resíduos da construção.



Diante de todos os fatos apresentados, podemos concluir que se é de extrema necessidade que a engenharia tome ações para que reduza o quadro de impactos ambientais e sociais, os quais são resultados de falta de planejamento sustentável.

### **3 TELHADO VERDE**

#### **3.1 A ORIGEM DO TELHADO VERDE**

No início da década de 30, começou um processo de migração do campo para a cidade, principalmente por conta da industrialização, aumentando consideravelmente a população dos centros urbanos. E esse processo ainda está acontecendo. Segundo Ojima [2007(?)], a Organização das Nações Unidas (ONU) declara que pela primeira vez na história da humanidade teremos mais pessoas vivendo em áreas urbanas do que em áreas classificadas como rurais. A ONU ainda estima que em 2030, 5 bilhões de pessoas estarão residindo em cidades.

Por essa urbanização estar fora dos planos, a principal vítima desse processo foi a natureza, com a retirada do verde para ser possível edificar moradias, comércio e indústrias. Com o decorrer do tempo e a taxa de população urbana aumentando exponencialmente, os problemas de grandes cidades começaram a aparecer, como falta de fauna e flora, falta de serviços e saneamento básico (água, energia, hospitais, etc.), infraestrutura inadequada e problemas de moradia (surgindo favelas, cortiços e habitações fora da lei), além de grande desigualdade social, desencadeando dificuldade de encontrar empregos.

Temos ainda, como consequência da retirada do verde, a mudança das condições naturais das bacias hidrográficas, prejudicando a permeabilidade dessas áreas e, logo, reduzindo a capacidade de filtração da água pluvial. Deste modo, houve um aumento no escoamento superficial de água da chuva, gerando problemas como enxurradas, enchentes, erosões e alagamentos (COSTA *et al*, 2012).

Conforme Hewage (2011), a indústria da construção civil é de derradeira importância para fornecer a energia necessária para contentar as necessidades de

desenvolvimento humano. Mas também é necessário reconhecer que as práticas da construção civil são uma das principais causadoras dos problemas ambientais, devido ao uso de materiais não renováveis.

Diante de tantos problemas sociais e ambientais, o homem começou a perceber que era hora de iniciar uma restauração da natureza e preservar o existente. Adotou medidas de conscientização através da educação ambiental, para tentar reeducar a sociedade consumista e que pouco sabia sobre a gravidade do estado do planeta. Deste modo, “fortalecer uma educação ambiental convergente e multirreferencial é prioritário para uma prática educativa que articule de forma incisiva a necessidade de se enfrentar concomitantemente a degradação ambiental e os problemas sociais” (JACOBI, 2003, p. 11).

Começaram a se criar projetos de ferramentas que ajudariam a compensar o uso irracional da natureza, e, a partir disso, surge o telhado verde, que se baseia em aplicar solo e uma vegetação que seja suportável em cima de uma estrutura segura contra infiltração. O telhado verde é, na verdade, uma criação de já muitos anos, conhecido em várias fases históricas. Porém, seu reconhecimento, estudo e sua aplicação apenas começaram a se intensificar a poucos anos. Uma das grandes obras da arquitetura utilizando o telhado verde são os famosos Jardins Suspensos da Babilônia.

### 3.2 TIPOLOGIAS DO TELHADO VERDE

Conforme Krebs e Sattler (2010), um aspecto do telhado verde é a espessura da camada de substrato, os tipos de plantas que serão implantadas e qual será a necessidade de manutenção. Deste modo, as coberturas verdes podem ser classificadas em três tipos: extensiva, intensiva e semi-intensiva. As características de cada tipo de cobertura verde estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da tipologia da cobertura verde

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS						
	CARGA SUPERFICIAL	ESPESSURA VEGETAL	ESPESSURA DO SUBSTRATO	TIPO DE VEGETAÇÃO	MANUTENÇÃO	IRRIGAÇÃO	CUSTOS
INTENSIVA	de 700 kg/m <sup>3</sup> a 1.200 kg/m <sup>3</sup>	superior a 250 cm	maior que 20 cm	arbóreo	intensa	regular	alto
SEMI-INTENSIVA	de 100 kg/m <sup>3</sup> a 700 kg/m <sup>3</sup>	entre 5 cm e 100 cm	entre 10 cm e 20 cm	arbustivo	média	periódica	médio
EXTENSIVA	até 100 kg/m <sup>3</sup>	entre 5 cm e 15 cm	até 10 cm	herbáceo extensivo	baixa ou nenhuma	nenhuma	baixo

Fonte: ROLA *et al.*, (2003) *apud* ROLA, (2008, p.109). Adaptado.

E ainda temos um segundo aspecto, o qual Minke (2004 *apud* Vergara, Pippi e Barbosa, 2009) aponta que é a inclinação do telhado, podendo ser:

- PLANO: com inclinação de até 5%. Ele requer um pouco mais de tempo para sua execução, pelo fato de necessitar de uma drenagem especial, o qual é feito através de uma manta impermeável para conduzir a água acumulada.

- MODERADO: sua inclinação varia entre 5% e 35%. Sua execução é mais fácil e mais econômica, além de não precisar de uma camada de drenagem, uma vez que o substrato armazena a água que necessita e conduz o excedente. Para que isso ocorra, é imprescindível agregar material poroso, como pedras pomes, escória ou argila expandida.

- ACENTUADO: possui inclinação de 36% até 84% e assemelham-se muito com a inclinação moderada, contudo deve possuir barreiras para evitar o deslizamento do substrato.

### 3.3 LOCAIS DE POSSÍVEL APLICAÇÃO

Em geral, o telhado verde pode ser instalado em qualquer casa ou edifício, desde que haja uma boa impermeabilização e estrutura que suporte o peso do tipo do telhado escolhido. Essa espécie de telhado é utilizado em regiões com climas diversos, como na Tanzânia com suas altas temperaturas ou na Islândia e seu ambiente gelado. O importante é escolher uma vegetação que aceite e resista ao clima local.

Segundo Savi (2012), o telhado verde já foi bastante aplicado durante séculos e por muitas vezes vinha acompanhado de necessidades. Um exemplo é na Europa,

durante a Idade Média, onde a cobertura verde estava relacionada à produção de alimentos, visto que era escasso o lugar para a realização dessa produção.

Ainda conforme Savi (2012), ultrapassando qualquer país, o líder de utilizador do telhado verde é a Alemanha. *Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau – FLL* (Sociedade de Pesquisa em Desenvolvimento e Construção da Paisagem) implantou em 1977 as diretrizes para as coberturas verdes no país. Assim, essa cobertura passou a ser fator importante para controle de enchentes e redução da poluição do ar (OSMUNDSON, 1999).

Tavares *et al.* (2001) aponta que os resultados que a Alemanha tem apresentado com o uso do telhado verde são muito gratificantes. Afirma ainda que os telhados vivos têm sido utilizados por conta de sua rentabilidade justificada com o aumento da duração da impermeabilização da área verde.

No Brasil o telhado verde não teve ainda grandes aplicações, mas está caminhando para essa direção. Algumas empresas já se especializaram no assunto, adquirindo as tecnologias necessárias para empregar nos telhados verdes.

Conforme o engenheiro agrônomo Feijó (2011), em uma entrevista que ele realizou com o site G1, para o Brasil, uma das maiores vantagens do telhado verde é a questão energética, apontando o fato de que o país tem uma demanda muito grande de energia em pouco tempo. Logo, temos que aperfeiçoar a forma de gastar energia.

### 3.4 BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DO TELHADO VERDE

Minke (2004) diz que o clima das cidades poderia se tornar mais saudável com a aplicação do telhado verde. Porém, a densidade, a espessura e a quantidade de vegetação da cobertura verde é um fator decisivo para desfrutar dos benefícios que o telhado verde pode proporcionar.

#### 3.4.1 Redução das ilhas de calor

Um desses benefícios seria a redução do efeito ilha de calor, um fator muito comum nos centros urbanos. O uso do telhado verde retarda esse efeito pelo fato de fazer uma camada de proteção contra os raios solares que esquentam e até danificam a cobertura das edificações, além de isolante térmico. Segundo Spangenberg (2009 *apud* D'ELIA 2012), a temperatura das lajes depois da instalação das coberturas verdes pode diminuir 15°C. O consumo de energia elétrica também diminui por conta de não se fazer mais tão necessário o uso de equipamentos para diminuir a temperatura interior.

### 3.4.2 Isolante térmico, conservação de energia e redução da variação de temperatura durante o dia e a noite

Segundo um estudo realizado por Gertis *et al.* (1997 *apud* MINKE 2004), uma laje com coloração preta pode chegar a um temperatura de 90°C em sua superfície durante o dia. Entretanto, durante a noite essa laje chegaria a 10°C, tendo assim uma variação de temperatura de 80°C entre o dia e a noite.

Por outro lado, o telhado verde, no mesmo dia de observação do telhado convencional, ficaria em 25°C e durante a noite manteria uma temperatura de 15°C. Assim, o coeficiente de variação de temperatura se destacaria com seus apenas 10°C.

Esse estudo foi realizado ainda com diversos outros materiais, como aço, fibrocimento, concreto e cerâmica. Ainda assim o telhado verde se mostrou disparadamente melhor redutor térmico em comparação a outros materiais. Vechhia (2005) comenta que esse comportamento é consequência da constituição termofísica, a resistência térmica, massa, sombreamento, entre outros efeitos.

### 3.4.3 Drenagem mais eficaz e aumento da qualidade da água filtrada

O telhado verde mostra um resultado considerável para a redução do escoamento superficial pluvial. Temos esse efeito por conta de que a cobertura vegetal retém grande parte da água pluvial para o seu sustento, fazendo armazenagem e escoando somente o excedente.

Baldessar (2012) comparou a quantidade de água escoada em uma laje impermeabilizada, em uma telha cerâmica e no telhado verde. A tabela 2 mostra os resultados, onde encontramos a redução de 70% de água escoada utilizando um telhado verde extensivo (5 cm de substrato).

Tabela 2 – Análise comparativa entre três sistemas distintos de cobertura (laje impermeabilizada, telha cerâmica e telhado verde) e simulação através de software.

TOTALIZAÇÃO DA ÁGUA ESCOADA - EXPERIMENTO					
período	Água escoada mm Laje impermeável medido	Água escoada mm Telhado de barro medido	Água escoada mm Telhado verde medido	Água escoada mm Telhado verde simulação software	TOTAIS
nov/11	8,2	3,7	0,3	5,2	total mensal (em mm)
dez/11	109,8	85,1	29,1	36,2	total mensal (em mm)
jan/12	78,7	61,2	21,3	12,1	total mensal (em mm)
fev/12	128,3	101,2	49	55	total mensal (em mm)
	325	251,2	99,6	108,5	TOTAL GERAL (em mm)
	100	77,3	30,7	33,4	TOTAL GERAL (em %)

Fonte: Baldessar (2012, p. 111) adaptado.

O telhado verde ainda filtra a água precipitada da chuva, podendo ser reutilizada para fins não potáveis. Em Curitiba, foi determinado o decreto 293/2006, que normatiza a lei do PURAE (Programa de conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, Lei nº. 10785/2003), a qual constitui a coleta e reaproveitamento de água da chuva nas novas residências, comércios e indústrias.

#### 3.4.4 Produção de oxigênio, absorção de CO<sub>2</sub> e filtragem de ar

Segundo Roaf (2006), um dos principais emissores de CO<sub>2</sub> na atmosfera são as edificações, emitindo 50% do gás. Ele ainda afirma que uma das maneiras de reduzir essa emissão é se diminuir o uso de energia.

O ecotelhado entra nesse contexto, visto que ele estabiliza a temperatura no interior das edificações. Assim, o uso de equipamentos de controle de temperatura se restringe.

O telhado verde ainda produz oxigênio com a sua vegetação e filtra o pó presente no ar, que por muitas vezes é nocivo ao ser humano.

#### 3.4.5 Melhora a qualidade de vida e saúde dos moradores

Por filtrar as impurezas do ar e eliminar a necessidade de equipamentos térmicos que emitem um ar não puro o suficiente a saúde humana. Ele também induz o descanso intelectual e espiritual, e por o telhado verde se tornar um local de lazer, ajudando a vitalidade da saúde mental.

#### 3.4.6 Melhor acústica interior e umidifica o ambiente

Machado *et al.* (2004) diz que os telhados convencionais ampliam as ondas sonoras, prejudicando a acústica do local. Já o telhado verde absorve essas ondas sonoras, melhorando a acústica.

Uma grande qualidade da cobertura verde é a sua capacidade de umidificar ambientes secos. Pela sua retenção e armazenamento de água no seu substrato, mantém toda a sua cobertura úmida, melhor a umidade do ar dentro das edificações. Seria uma grande ajuda para lugares com ar seco, como Chile e Egito.

#### 3.4.7 Abriga novos ecossistemas e aumenta a área verde dentro dos centros urbanos

Com o uso do telhado verde é possível abrigar ecossistemas locais, e dar uma oportunidade de se redimir com os que foram desabrigados com a retirada do verde no início do século XX. Essa cobertura pode abrigar, principalmente, pássaros, insetos e pequenos animais de terra, como minhocas.

É um ganho paisagístico implantando novamente o verde no meio dos centros urbanos, diminuindo o impacto visual das grandes cidades e dando mais vida a elas.

### 3.5 DESVANTAGENS

Apesar de todos os benefícios apresentados, temos as desvantagens da implantação de telhados verdes. Rola (2008) faz uma comparação com os três tipos de cobertura vegetal (intensivo, semi-intensivo e extensivo), como mostra a tabela 3.

Tabela 3 – Desvantagens da naturezação

Fonte: Rola (2008) *apud* Neto (2012, p. 79).

Adaptado.

DESVANTAGENS DA NATURAÇÃO		
Sistema Intensivo	Sistema Semi-intensivo	Sistema Extensivo
Alta sobrecarga na estrutura <sup>1,4</sup>	Média sobrecarga na estrutura <sup>1,4</sup>	Não são projetadas para uso intenso de público <sup>1</sup>
Requer reforço estrutural, o que encarece a obra <sup>2</sup>		Os materiais leves que compõem o sistema, quando não fabricados no país, tem a maioria seus custos elevados <sup>2</sup>
Requer manutenção intensa <sup>1</sup> , aumentando consideravelmente os custos <sup>4</sup>		
Requer irrigação intensa <sup>2</sup> ao longo de todo o seu ciclo de vida		O plantio deve ser feito em período de clima ameno
Necessidade de fertilização intensa, o que compromete a água residual que carrega excesso de NPK, considerando poluente de águas pluviais		Requer irrigação diária pelos três primeiros meses para garantir a consolidação das mudas <sup>2</sup> . Após esse período, a irrigação é feita por conta da pluviometria local
Os sistemas de naturezação tradicionais usados mais intensamente na década de 60 (mas ainda em uso, apesar de raramente) eram aplicados apenas em novas construções, as quais possuíam projeto de reforço estrutural, o que excluiu a parte já consolidada da cidade.		
Biodiversidade indesejada <sup>4</sup> . Dependendo do tipo de vegetação adotada, o telhado se torna um "lar" para proliferação de insetos indesejáveis.		
Possível alteração da aparência da vegetação com a mudança das estações do ano		
Necessidade de um estudo a priori dos aspectos bioclimáticos locais para a adequada seleção do sistema mais apropriado a ser aplicado, bem como a precisa triagem dos seus materiais constituintes e plantas autóctones. Este tempo para estudo prévio pode elevar os custos iniciais, mas se faz premente, pois aumenta as chances de longevidade da naturezação. Por se tratar de um sistema vivo, quanto mais grande for a naturezação instalada, maior é a garantia de durabilidade de sua estrutura de suporte		
Adaptação de telhados já existentes, que não são formados por lajes, para receber o sistema		
Alto custo inicial, que pode ser recuperado em até 3 anos <sup>5</sup> .		
NOTAS		
<sup>1</sup> ROLA (2008), <i>apud</i> SHOZ-BARTH (2001)		
<sup>2</sup> ROLA (2008), <i>apud</i> BEATTIE & BERGHAGE (2001)		
<sup>3</sup> ROLA (2008), <i>apud</i> KÖHLER & SHMIDT (2003)		
<sup>4</sup> ROLA (2008), <i>apud</i> MCMILIN (2005)		
<sup>5</sup> ROLA (2008), <i>apud</i> USGBC (2007)		

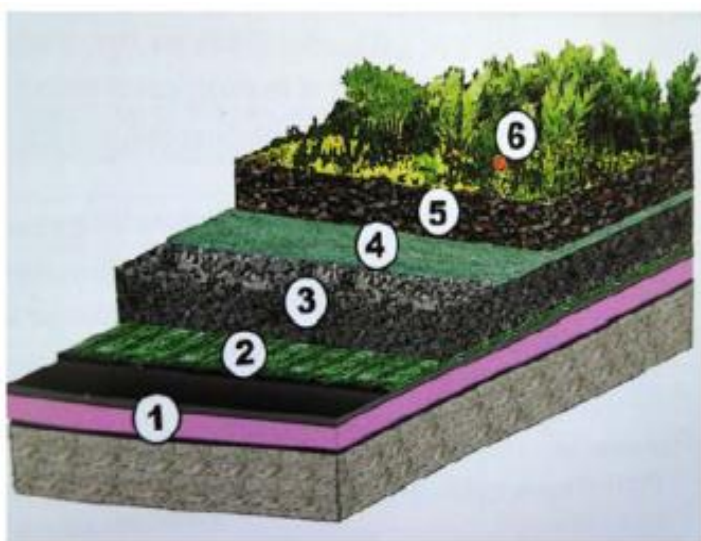
### 3.6 CONSTITUIÇÃO

É de extrema importância fazer o estudo do peso que a estrutura terá que suportar e se ela está em boas condições, para que não haja qualquer tipo de acidente. Minke (2004) expõe que o peso de 10cm de espessura de um telhado verde pesa, em média, 100kg/m<sup>2</sup>.



Existem múltiplas formas de constituição de um telhado verde. Basicamente, ele se baseia na estrutura, camada de impermeabilização, uma membrana antirraízes, a camada de drenagem, substrato e vegetação, como mostra a figura 1.

Figura 1 – Composição do telhado verde  
Fonte: Baldessar (2012, p. 38).



1. Pavimento do telhado, isolamento e impermeabilização;
2. Proteção e camada de armazenamento;
3. Camada de drenagem;
4. Camada antirraiz e filtro permeável;
5. Camada de substrato;
6. Vegetação.

### 3.6.1 Estrutura

Sua estrutura pode ser constituída de diversos materiais, como laje de concreto, compensado em chapa, telha metálica, estrutura com tábuas de madeira e/ou bambu, placas cimentícias, *Steel Deck* (estrutura de metal em composição com concreto), entre outros materiais. O importante é a resistência em suportar o peso da cobertura verde.

### 3.6.2 Impermeabilização

Etapa muito importante, pois sua ineficiência pode causar infiltrações dentro da edificação. Portanto, seria interessante fazer o teste de estanqueidade para certificar-se de que a manta não possui qualquer tipo de vazamento.

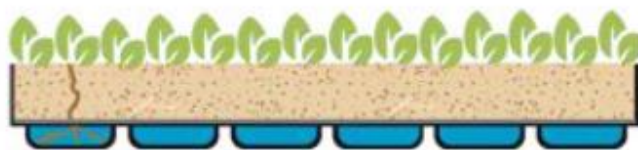
Essa etapa pode ser feita com capas impermeáveis como manta asfáltica, PEAD (manta de polietireno) ou de PVC (policloreto de vinila), borracha líquida, etc.

A escolha dessas capas vão depender da base da estrutura que você tem e da mão de obra disponível.

### 3.6.3 Camada de drenagem

Essa etapa é a responsável por armazenar a água necessária para abastecer a vegetação, eliminando a necessidade de irrigação. Ela é responsável também por encaminhar o excedente de água, evitando que o solo fique saturado. Um sistema que tem sido bastante adotado e estudado pelas empresas é o modular, o qual é feito com material reciclado e retém a água que o substrato necessita. Na figura 2 temos a ilustração desse sistema aplicado no telhado verde.

Figura 2 – Corte do sistema em módulo de telhado verde, mostrando a drenagem do mesmo



Fonte: Instituto Cidade Jardim (2012)

É importante que a camada de drenagem seja coberta com uma manta que funcione como uma peneira, para que a terra que vem junto com a água não passe para o sistema de drenagem.

### 3.6.4 Membrana antirraízes

A importância dessa membrana se deve por ela ser responsável de impedir que as raízes penetrem na estrutura e danifiquem a camada de impermeabilização. Essa camada pode ser de lonas de polietileno (PEAD) densas. Sua disposição deve ser uniforme para evitar rasgos na manta.

Segundo Savi (2012), tem fornecedores que indicam a colocação de uma manta de ancoragem de nutrientes para fornecer às plantas.

### 3.6.5 Substrato

É a camada que dará o suporte, os nutrientes e a água à vegetação. Para que isso ocorra de modo eficiente, é importante escolher o substrato que melhor se aproprie para a vegetação escolhida, para que não ocorram problemas de rápido crescimento em telhados extensivos ou baixo crescimento em telhados intensivos, ocasionados por excesso ou carência de nutrientes do substrato.

Nascimento (2006) comenta que em coberturas extensivas precisam ser utilizados substratos orgânicos (feitos com material vegetal, como casca de pinheiros, fibras de coco, cascas de arroz e resíduos de poda) ou substratos inorgânicos (como pedra-pomes, material vulcânico e perlita).

### 3.6.6 Vegetação

Essa última camada depende de todas as outras para sua funcionalidade. Por exemplo: depende da inclinação da cobertura, espessura do substrato e fatores como vento, sol, sombra e chuva. Minke (2004) observa que é necessário analisar qual vegetação se enquadra melhor no clima que ela será exposta e se ela resistirá a ele. Diz ainda que se deve optar por plantas que correspondam as expectativas de tamanho, como plantas de pequeno porte para telhados extensivos.

### 3.7 CUSTO

O custo pode variar conforme o tipo e o sistema de telhado verde optado. Se o telhado verde for planejado junto com o projeto da obra, o custo fica perto do telhado convencional. Já se o telhado verde for implantado em edificações já existentes, ou seja, se necessitar de reformas no telhado o custo se eleva.

Cantor (2008) fala que a aplicação de cobertura verde em obras varia entre \$53,80/m<sup>2</sup> e \$129,12/m<sup>2</sup>. Sistemas *retrofit* (reforma), em construções existentes, têm um gasto entre \$75,32/m<sup>2</sup> a \$215,20/m<sup>2</sup>. Para comparação, o autor ainda descreve

outros sistemas de cobertura, que tem variação de custo de \$21,52/m<sup>2</sup> e \$107,60/m<sup>2</sup> (novas construções) e entre \$43,04/m<sup>2</sup> e \$161,40/m<sup>2</sup> (*retrofit*).

É preciso ainda avaliar a variação de custo entre telhados verdes extensivos e intensivos. Os telhados extensivos ficam com o custo por volta de \$130,00/m<sup>2</sup> e \$165/m<sup>2</sup>, e os telhados intensivos variam entre \$540,00/m<sup>2</sup> (HEWAGE, 2011).

Apesar dos custos, ainda segundo Hewage (2011), há mais vantagens do que desvantagens na escolha de construir uma cobertura verde, e que o custo inicial mais elevado do que os dos telhados convencionais é compensado ao longo do ciclo da vida do telhado verde, transformando-se em uma prática transitável de maneira econômica e que deve ser incitado pelo poder público.

## 4 METODOLOGIA

Foi elaborado um protótipo de um telhado verde e um telhado convencional sustentado por uma estrutura de madeira. A pesquisadora simulou condições climáticas para ser possível realizar um estudo sobre a eficiência do telhado verde comparado ao telhado convencional.

Para construção do protótipo, foi feita duas estruturas com chapas de compensado, sustentadas por 4 pés de madeira<sup>2</sup> cada, formando uma área de 2m<sup>2</sup> ao total. Em uma estrutura foi implantada a cobertura vegetal, com inclinação de aproximadamente 5°, e na outra o telhado convencional, com inclinação de 20°. Esta última foi inserida para ser usada como referencial de dados comparativos com o telhado verde.

Na estrutura onde foi implantado o telhado verde, foi estendida uma lona impermeável de PVC<sup>3</sup> para garantir que não houvesse infiltração de água na estrutura. Em seguida, retirou-se o fundo de garrafas PET reutilizadas e aplicou-se no telhado, dando sustentação para que as demais camadas não entrem em contato com a água que também ficara armazenada nessa etapa. Essa camada ficou com 10 cm de altura. Os fundos dessas garrafas substituíram a membrana alveolar comercializada. Entre os fundos de garradas, foi distribuído seixos para preencher

<sup>2</sup> Dimensões dos pés: 5cmx5cmx80cm

<sup>3</sup> Espessura da lona: 2 mm

espaços onde poderia modificar as camadas superiores. Logo acima, estendeu-se uma camada de aproximadamente 0,8 cm de espessura de espuma de preenchimento reutilizada, a qual cumpriu a função de filtro de impurezas e membrana antirraízes, impedindo que a terra do substrato não chegasse até a camada de drenagem, danificando a funcionalidade da mesma. Como filtro de impurezas, foi disposta também uma camada de areia em cima dessa espuma. E para finalizar, foi aplicado o substrato e vegetação extensiva<sup>4</sup>.

Na lateral, encaixou-se um cano de PVC reutilizado<sup>5</sup>, o qual drenou a água escoada excedente e foi direcionada para um recipiente de plástico para levantamento de dados sobre a redução de escoamento superficial pluvial.

Na estrutura do telhado convencional, instalou-se uma cobertura com fibrocimento e um cano de PVC reutilizados, para escoamento da água excedente e retida em um recipiente de material e proporções dimensões ao do utilizado na cobertura verde.

## 4.1 FORMA DE MONITORAMENTO DO PROTÓTIPO

O monitoramento foi realizado durante 14 dias, onde, através de chuva artificial gerada pela pesquisadora, a cada evento chuvoso provocado, ao seu término, eram recolhidos dados de forma manual do escoamento de ambos os telhados, esvaziado o recipiente de armazenamento de excedente de água e colocado novamente em seu lugar para o próximo evento.

## 4.2 RESULTADOS DO PROTÓTIPO

É importante frisar que como o protótipo usou materiais reutilizados e adaptados, e o tempo de monitoramento foi bastante curto, conseguimos ter um resultado apenas superficial, como mostra a tabela 6.

Tabela 6 – Monitoramento de água pluvial excedente

<sup>4</sup> O tipo de vegetação escolhida foi a grama esmeralda.

<sup>5</sup> Cano de PVC com 25 mm de diâmetro.

	Chuva (em ml/m <sup>2</sup> , número aproximado)	Água retida no telhado verde (em ml)	Água excedente do telhado verde (em ml)	Água excedente do telhado convencional (em ml)	°C <sup>6</sup> (média)
1° dia	80.000	71.651	8.349	80.000	24,5
2° dia	-	-	-	-	25,0
3° dia	-	-	-	-	24,5
4° dia	10.000	3.978	6.022	10.000	23,0
5° dia	-	-	-	-	25,0
6° dia	-	-	-	-	22,5
7° dia	15.000	5.678	9.322	15.000	24,0
8° dia	-	-	-	-	22,5
9° dia	-	-	-	-	20,0
10° dia	-	-	-	-	24,0
11° dia	-	-	-	-	25,5
12° dia	25.000	20.328	4.672	25.000	26,0
13° dia	-	-	-	-	24,0
14° dia	5.000	2.903	2.097	5.000	23,5

Fonte: Acervo da autora

Enchendo o reservatório de água, o qual possui capacidade de 70.000 ml, no primeiro dia de evento, conseguimos notar a capacidade de absorção da vegetação e a evaporação pelas temperaturas altas.

Com os números apresentados na tabela, é possível notar que o telhado verde conseguiu reduzir 60% do escoamento superficial pluvial nos cinco dias de eventos chuvosos, em comparação ao telhado convencional, o qual não tem nenhuma capacidade de retenção de água.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do estudo apresentado deixam clara a eficiência do telhado verde, o qual desencadeia a melhoria na qualidade vida dos utilizadores do sistema, além do positivo custo-benefício.

<sup>6</sup> Utilizando termômetro de mercúrio instalado próximo ao protótipo.

O telhado verde diminui o escoamento superficial pluvial com sua camada de drenagem e sistema de reutilização de água, ajudando a diminuir o número de enxurradas e enchentes.

Contribui ainda para a redução do impacto visual dos moradores dos centros urbanos, causado pelo grande número de edificações e a falta de áreas verdes. A saúde dos seres vivos também é otimizada, visto que a pureza do ar e a qualidade da água são aprimoradas.

A prática da cobertura verde deve ser incentivada por órgãos governamentais, difundindo essa ideia para que um número maior de pessoas possam usufruir de todos os benefícios que o sistema pode fornecer.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. *et al.* **Alternativas Para Redução de Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra**: relatório final. São Paulo: Epusp, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro, 2010.

BALDESSAR, Sílvia M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. Dissertação de mestrado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2012.

CANTOR, Steven L.. **Green Roofs in Sustainable Landscape Design**. W.W. Norton & Company, New York, London, 2008.

COSTA, J. da; COSTA, A. da; POLETO, C. Telhado Verde: Redução e retardo do escoamento superficial. Disponível em: **Revista de Estudos Ambientais (REA)**. V. 14, n.2esp, p. 50-52, 2012.

D'ELIA, Renata. Telhado Verde. **Coberturas verdes projetadas no Brasil oferecem sistemas diferenciados para proporcionar conforto térmico colaborando com o meio ambiente**. Disponível em: <<http://revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/artigo144157-3.asp>>. Acesso em: 22 de Outubro de 2014

Dicionário Priberam da Língua Portuguesa, 2008-2013. **Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.priberam.pt/dlpo/sustentabilidade>>. Acesso em: 10 de Outubro de 2014.

FEIJÓ, João M. L., 2011. Engenheiro Agrônomo. **Telhados verdes unem economia, sustentabilidade e beleza.** Entrevista. Encontra em: <<http://g1.globo.com/espirito-santo/mercado-imobiliario/noticia/2011/09/telhados-verdes-unem-economia-sustentabilidade-e-beleza-no-es.html>>. Acesso em: 19 de outubro de 2014.

Guardian Environment Network. Encontrado em: <<http://www.theguardian.com/environment/series/guardian-environment-network>>. Acesso em: 17 de outubro de 2014

HEWAGE, Kasun; BIANCHINI, Fabricio. **How “green” are the green roofs?** Lifecycle analysis of green roof materials. Building and Environment, Canadá, V 48 Pg 57 a 65. Ago, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03601323>> . Acesso em: 17 de outubro de 2014.

JACOBI, P. R. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade.** Cadernos de pesquisa. São Paulo: Fundação Carlos Chagas/Autores associados, 118, 2003.

KREBS, Lisandra F.; SATTLER, Migles A. **Cobertura vivas extensivas:** Análise da utilização em projetos da região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela, out. 2010.

MACHADO, María V. BRITTO, Celina, NEILA Javier. **El cálculo de la conductividad térmica equivalente en la cubierta ecológica.** Revista on-line de ANTAC, v.3, n.3, jul./set. 2003. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3495/1896>>. Acesso em: 27 de outubro de 2014.

MINKE, Gernot. **Techos verdes - Planificación, ejecución, consejos prácticos.** Uruguay: Editora Fin de Siglo, 2005.

NASCIMENTO, Wânia C. do. **Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba – Barreiras e potencialidades.** Dissertação. Mestrado. Curitiba: UFPR, PPGCC, 2008.

OJIMA, Ricardo. **As cidades invisíveis:** a favela como desafio para urbanização mundial. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepop/v24n2/12.pdf>>. Acesso em: 13 de outubro de 2014.

OSMUNDSON, T. **Roof Gardens – History, Design and Construction.** W.W. Norton & Company, Inc., New York, NY. 1999.

Prefeitura municipal de Curitiba. Lei orgânica. **Decreto 293:** Regulamenta a Lei no 10.785/03 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providência. 2006.



ROAF, M. **Grandes Civilizações do Passado: Mesopotâmia**. Barcelona. Edição Folies. 2006.

ROLA, Sylvia Meimaridou. **A maturação como ferramenta para a sustentabilidade de cidades**: Estudo da capacidade do sistema de maturação em filtrar a água de chuva. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento**: crescer sem destruir. São Paulo: Vértice, 1986.

SAVI, Adriane C.. **Telhados verdes**: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura. Monografia. Especialização em Construções Sustentáveis, Curitiba, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). 2012.

SOUZA, C. F. 2005. **Mecanismos técnico-institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana**. Dissertação. Metrado. Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, UFRGS, 174p.

TAVARES, S.; LAAR, M.; SOUZA, C.; ASSUNÇÃO PAIVA, V. L.; AUGUSTA DE AMIGO, N.; GUSMÃO, F. et al. **Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos em cidades de clima tropical**. Em: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído -ENCAC, São Pedro, 6., 11. 2001.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUCIL. **An Introduction to the U. S. Green Building Council and the LEED Green Building Rating System**. Washington, DC. Disponível em: <[www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)>. Acesso em: 13 de outubro de 2014.

VERGARA, Lizandra G. L.; PIPPI, Luis Guilherme A.; BARBOSA, Anallu R. **Aplicação de telhado verde como tecnologia sustentável para o projeto de edificações residenciais**. X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Natal, 2009.

## QUALIDADE TOTAL: A IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO SEIS SIGMA E SUA CONSEQUENTE REVITALIZAÇÃO DOS PROCESSOS EMPRESARIAIS

Edinilson José Slabei (UNIGUAÇU)<sup>7</sup>

**RESUMO:** Este trabalho busca descrever o método Seis Sigma, demonstrando os fatores críticos no momento de implantação. Sendo esse muito dinâmico e abrangente, podendo ser implantado em qualquer área da indústria e comércio. Baseando-se em revisões bibliográficas e através de pesquisa qualitativa, esse trabalho tem como foco principal mostrar o surgimento, alguns resultados obtidos, explicitando principalmente fatores que influenciam no momento de inserção. A partir da competitividade entre às empresas, cria-se à necessidade de melhoria na elaboração e aplicação de projetos, a fim de reduzir ao máximo os custos, resultando na excelência nos processos. Dessa forma, buscamos apontar os principais fatores críticos para implantação do programa Seis Sigma, apresentando-os de forma sucinta para auxiliar estudos sobre o tema, possibilitando uma melhor visão sobre os pontos que podem ocasionar à descontinuidade de método.

**PALAVRAS-CHAVE:** Seis Sigma; implantação; descontinuidade; método.

**ABSTRACT:** This paper aims to describe the method Six Sigma, demonstrating the critical factors in the deployment time. That being very dynamic and comprehensive and can be deployed in any area of business, industry and trade. Drawing on literature reviews and through qualitative research, this work is mainly focused on the emergence show some results, mainly explaining factors that influence at the time of insertion. From the competition between companies, it creates the need to improve the development and implementation of projects in order to reduce the maximum costs, resulting in excellence in processes. Therefore, we sought to point out the main critical factors for implementation of Six Sigma program, presenting them succinctly to assist studies on the subject, providing a better view of the points that can lead to discontinuity method.

**KEYWORDS:** Six Sigma; deployment; discontinuity; method.

### 1 INTRODUÇÃO

Com a variedade de empresas, que ofertam o mesmo produto, num mesmo mercado e ao mesmo tempo, é necessário investir profundamente em todos os recursos necessários para disponibilizar o produto ou serviço com maior qualidade e menor preço ao consumidor. Para isso, as empresas estão buscando cada vez mais, o aprimoramento da utilização de ferramentas e técnicas que auxiliem a geração de excelência nos processo.

Temos hoje uma variedade de alternativas para a melhoria contínua, mas, a que se destaca, trazendo bons resultados é o método Seis Sigma. Que de acordo com Carvalho e Rotondaro (2012, p.131), “[...] é uma estratégia gerencial

---

<sup>7</sup> Acadêmico do 3º período de Engenharia de Produção das Faculdades Integradas do Vale do Iguaçu (UNIGUAÇU).

disciplinada, caracterizada por uma abordagem sistêmica e pela utilização intensiva do pensamento estatístico [...]”. Tem como objetivo a redução de falhas e defeitos, satisfazendo melhor as necessidades dos consumidores, ou seja, o programa visa reduzir a variabilidade de riscos, possibilitando um constante crescimento financeiro.

Sua origem se deu, quando as empresas americanas se depararam com o crescimento competitivo das empresas japonesas, e a partir disso, procuraram se adaptar realizando estudos em torno das ferramentas que auxiliavam a presença de qualidade nos produtos, serviços e todos os processos envolvidos na construção dos mesmos. Neste cenário, tivemos como precursora do programa Seis Sigma, a Motorola, no início de 1987, quando a empresa precisava revitalizar seus processos. A partir dos ótimos resultados, a Motorola difundiu o programa por toda sua rede. Logo, outras empresas passaram a intervir na aplicação do método. Destaca-se a General Eletric, que fez a implantação em 1996, e após três anos teve um aumento no faturamento, de mais de R\$ 2 milhões.

Com a evidente melhoria, dentro e fora das empresas que implantaram o Seis Sigma, o presente estudo busca enfatizar a complexidade em sua utilização, principalmente no momento de implantação, onde as empresas precisam se reestruturar muitas vezes, para que o programa gere resultados benéficos. Para a concretização do programa, é essencial conhecer detalhadamente o método, saber usar as ferramentas e técnicas estatísticas e de qualidade necessárias, saber delinear os projetos, para assim planeja-lo de acordo com os objetivos da empresa. Esses são alguns pontos que distanciam a implantação dos fracassos, porém Carnell (2008 apud MORA JÚNIOR; LIMA, 2011, p.644), ainda destaca que:

[...] o fracasso está associado à falta de retorno sobre investimentos feitos no programa, o que é difícil de acontecer. Para ele, é mais comum um retorno abaixo das expectativas por falhas como: falta de foco nas necessidades dos clientes, pouco acompanhamento pela alta administração, ausência de um plano para gerenciamento da mudança, falta de comunicação sobre o andamento do programa à empresa, ausência de programas de reconhecimento, projetos desalinhados com a estratégia, fraco envolvimento da média gerência e dos “donos” dos processos.

Dessa forma, surgem diversos pontos que devem ser levados em consideração para que a empresa possa obter resultados financeiros e estruturais

benéficos. Sendo o bom planejamento da implantação essencial para a continuidade do programa, assim, este artigo busca minunciosamente destacar os principais pontos (equipe Seis Sigma, fatores críticos, modelo para implantação de projetos, etc.) que devem ser levados em consideração no momento de inserção.

Quando se consegue obter êxito na implantação e continuidade, o programa proporciona a constante satisfação dos clientes e funcionários, modelando nas empresas, uma continua cultura diferente da antiga, resultante das mudanças organizacionais necessárias para o sucesso do Seis Sigma.

## 2 O MÉTODO SEIS SIGMA

O Seis Sigma é um programa de melhoria da qualidade nos processos empregados na construção de um produto, serviço ou na intercalação dos dois. Tem como objetivo “[...] promover uma mudança de pensamento da organização em tudo que ela faz: no seu processo, nos seus serviços, nos seus negócios” (HOLTZ; CAMPBELL apud PENCZKOSKI; PEDROSO; PILATTI; 2008, p. 2), onde se vincula a redução das falhas nos processos, à uma cifra de apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO).

Visa, aprimorar por meio de constantes e bem empregados projetos, as áreas que apresentam CTQs (pontos críticos para a qualidade) internos e externos. Caracterizado pela utilização de diversas técnicas estatísticas aplicadas ao levantamento de pontos falhos (PENCZKOSKI; PEDROSO; PILATTI, 2008, p.2), passa a ter grande importância e dimensão, dentro de empresas que procuram empregar uma solução para o decréscimo de sua competitividade. De acordo com, Andrietta e Miguel (2007, p.213):

[...] o programa Seis Sigma aplica-se tanto para a melhoria de processos já existentes como também para o desenvolvimento de novos processos industriais, com o objetivo de aumentar a produtividade, diminuir o ciclo de tempo dos processos e o número de itens defeituosos, tendo como consequências a diminuição de custos de produção e o aumento da competitividade das empresas.

O Seis Sigma é algo muito consistente dentro de qualquer empresa, pois outros programas de qualidade são limitados na aquisição da qualidade, já o Seis Sigma se propaga por toda a organização, proporcionando não só a qualidade, mas a obtenção de elevadíssimos lucros, mas isso vai depender diretamente do comprometimento da empresa.

Quando pensamos, no Seis Sigma como um método fácil de ser aplicado estamos enganados, pois há diversos pontos a serem levados em consideração para o seu sucesso. O programa denomina-se Seis Sigma por seu índice de desvio padrão 6, porém para chegarmos a esse nível devemos passar por outros níveis abaixo, logo temos empresas que não chegam a essa margem, trabalhando em 4 ou 5 sigma. A seguir está exposta uma tabela com a relação dos níveis Sigma:

Nível Sigma	DPMO (defeitos por milhão de oportunidade)	Percentual de qualidade em cada nível (%)	Custo na correção de defeitos e falhas
02	308 537	69,15	Mais de 40%
03	66 807	93,32	25 a 40%
04	6 210	99,3790	15 a 25%
05	233	99,97670	5 a 15%
06	3,4	99,999660	<1%

Autoria própria.

Podemos verificar que mesmo atuando em níveis mais baixos, as empresas podem ter bons desempenhos, porém, sempre é necessário aprimorar o método a ponto de atingir o nível 6.

O aumento do faturamento com a implantação do método Seis Sigma, se dá porque há economia na correção de defeitos em produtos ou serviços que apresentam desconformidade. Para isso, podemos comparar os custos que existem com a correção de defeitos nos níveis 2 e 3 em relação ao nível 6, é indiscutível a evidencia direta do aumento do faturamento no nível 6, pois com menos defeitos a

corrigir, menos custos adicionais virão, podendo disponibilizar o produto com menor preço, satisfazendo melhor à necessidade do cliente.

Dessa forma, evidencia-se o porquê empresas como a General Eletric e Motorola, obtiveram enormes faturamentos, quando atingiram o nível 6. Temos ainda, diversas outras empresas que conseguiram aliar o Seis Sigma aos seus processos, podemos destacar, a Allied Signal, Texas, Asea Brown Boveri, Black & Decker, Bombardier, Dupont, Dow Chemical, Federal Express, Johnson & Johnson, Kodak, Sony, Toshiba e muitas outras. (PANDE, 2001 apud ANDRIETTA; MIGUEL, 2002).

Considerando a presença de diversas empresas que obtiveram sucesso com o programa, cabe ressaltar a sua importância para a competitividade, pois o mesmo delinea metas de desempenho; atribui valor ao produto ou serviço em relação a satisfação do cliente; proporciona melhor alinhamento de objetivos; aumenta a produtividade e confiabilidade dos produtos; faculta a redução dos defeitos, dos custos, dos desperdícios; impõe a eliminação de atividades que não agregam valor ao processo; levando assim à maximização dos lucros, ou seja, promove a melhoria geral dentro de empresas que implantarem eficazmente o método.

Em síntese, o programa pode ser implantado em todos setores da empresa, mas de acordo com a necessidade de cada organização. Segundo Motwani et al. (2004 apud ANDRIETTA; MIGUEL; 2007, p.210), “os projetos Seis Sigma podem ter origem em quaisquer áreas da empresa, como por exemplo: compras, vendas, finanças, materiais ou manufatura”.

Até agora, falamos sobre o programa em um geral, a partir daqui apresentaremos os pontos fortes e fracos para a implantação do programa, frisando a causa da descontinuidade dos programas.

### **3 FATORES CRÍTICOS QUE AUXILIAM O SUCESSO DA IMPLANTAÇÃO**

A maior necessidade para que as empresas busquem implantar o Seis Sigma, é querer alinhar o programa à estratégia da empresa, pois as mesmas muitas vezes estão perdendo mercado para outras empresas. Porém, existem diversas empresas

que não conseguem alinhar o programa com seus objetivos, pois muitas vezes, não estão em um momento adequado para a inserção do método.

Existem alguns fatores críticos, que estão inteiramente ligados ao sucesso da implantação do programa Seis Sigma, destacamos os principais: o foco intensivo nas necessidades do cliente; entendimento do método; integração de toda a empresa, sem distinção; envolvimento direto da alta administração; treinamento; mudança de pensamento; infraestrutura organizacional; gerenciamento de projetos; capacidade de investimento.

É necessário frisar que o método não começa quando o mesmo está se adequando aos processos da empresa, ele começa quando o líder decide implantar o programa. A partir desse ponto, surgem as etapas de análises da empresa. Primeiramente, é essencial verificar a necessidade de se aplicar o método, por meio da realização de pesquisas para definir os CTQs. Após essa etapa, deve-se definir de maneira criteriosa quem serão os envolvidos no programa, planejando os devidos treinamentos.

Os treinamentos dos envolvidos na equipe Seis Sigma se distinguem um dos outros, pois há vários componentes, que de acordo com Carvalho e Rotondaro (2012), se distinguem por ordem de importância dentro do programa: *executivo líder*, é o facilitador, o cargo principal que delinea a aplicação dos projetos, seleciona os executivos que desempenharão o papel de campeão; *campeão*, auxilia na escolha dos demais componentes, apoiando as ações e a remoção de obstáculos diante dos projetos; *master black belts*, dá suporte aos campeões na implantação, auxilia na mudança organizacional; *black belts*, lideram equipes na condução de projetos Seis Sigma; *green belts*, auxiliam os *black belts* e desenvolvem pequenos projetos em suas áreas de atuação. Esse é o modelo de equipe mais utilizada pelas empresas, mas particularmente, é importante selecionar a quantidade de profissionais envolvidos de acordo com o tamanho da organização. Cabe destacar, que cada estrutura implica em determinadas horas e modelos de treinamentos, que podem ser realizados pela própria empresa, ou por outras empresas que prestam o serviço. Porém, a qualidade do treinamento é essencial, pois conforme Berdebes (2003 apud ARIENTE; 2005, p.87), “[...] o sucesso do programa Seis Sigma depende de

profissionais devidamente treinados, que tenham o domínio de várias ferramentas de qualidade e de avançadas análises estatísticas”.

A partir da realização do treinamento, começam as análises dos CTQs que foram identificados, e, a partir delas, desenvolve-se constantes projetos de melhoria. Porém, é essencial fazer uma criteriosa escolha dos projetos, para isso existem técnicas de seleção e controle de projetos, onde ocorre a priorização, substituição, adequação, interligação e em determinados casos o cancelamento de projetos.

Existem diversos modelos para aperfeiçoar a aplicação de projetos, ferramentas e técnicas dentro do Seis Sigma. Entretanto evidencia-se, o DMAIC (*Define* (definir), *Measure* (medir), *Analyze* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar)) como o mais utilizado, por ser um modelo sistemático e disciplinado. Sua popularidade é dada por causa de sua boa distribuição, que se vincula nas cinco fases. De acordo com Eckes (2001 apud ANDRIETTA; CAUCHICK MIGUEL; 2002), cada fase delinea uma ação:

- Definir: é a definição minuciosa dos CTQs, para determinar os cabíveis projetos a serem aplicados e suas atribuições à empresa;
- Medir: realização da medição da eficiência e eficácia dos processos, por meio de coletas de dados que produza amostras aleatórias e representativas;
- Analisar: é feito a análise dos dados coletados, nessa fase é essencial a utilização de ferramentas estatísticas para transformar os dados em ações, validando as causas dos problemas;
- Melhorar: nesta fase transforma-se os dados estatísticos em dados do processo, aplicando soluções para os problemas identificados.
- Controlar: é estabelecer o controle das melhorias para que as mesmas se sustentem na organização. É essencial empregar técnicas que evidencie a ocorrência de mudanças ou a aparição de defeitos.

Com a adequada utilização do DMAIC, as empresas passam a ter melhores chances de obterem benefícios constantes com os projetos. Mas, o modelo precisa ser aplicado atentamente e permanentemente.

O sucesso do método, depende principalmente da participação ativa da alta administração, quando a mesma encontrasse acomodada, não envolvendo-se com o



programa, gera grande desequilíbrio, pois os colaboradores precisam de uma sustentação vinda dos superiores. Se isso não acontece, o programa começa a ser desestimulado a ponto de ocorrer descontinuidade do programa.

Ainda convém destacar, que a mudança cultural é outro fator crítico, pois em qualquer mudança existe grande resistência, que precisa ser quebrada. Como já dito, é preciso conhecer detalhadamente o método e assim motivar-se a implanta-lo. Para que ocorra a mudança cultural, essa motivação deve partir principalmente dos níveis estratégicos e táticos, para que se possa estimular os demais colaboradores, demonstrando a finalidade da implantação e os benefícios que terão. Dessa forma, quando se consegue motivar toda a empresa em relação à aplicação do Seis Sigma, o programa passa acontecer naturalmente, facilitando o seu andamento, pois quando passa-se a dominar o seu funcionamento, as técnicas e ferramentas utilizadas, consegue-se atingir excelência nos processos, a ponto de mantê-la se houver continua integração.

É essencial, realizar um bom planejamento em qualquer método, ferramenta, técnica, a ser implantada, porém, o Seis Sigma demanda de melhor planejamento, para que não ocorra a descontinuidade, que acarretará na perda de todos os investimentos empregados em treinamentos, aquisição de recursos, consultorias, etc.

## 4 METODOLOGIA

Nosso trabalho é de cunho bibliográfico, levando em consideração o processo qualitativo, caracterizando-se pelo estudo de materiais já divulgados, por meio da leitura e interpretação de livros e artigos a fim de sanar o objetivo do trabalho, apresentando como se dá a sua implantação.

Foram selecionados 5 artigos e 1 livro, os quais apresentaram a importância do método Seis Sigma, se vinculando principalmente nos pontos que causam a descontinuidade do programa. Realizou-se leituras complementares em outros arquivos, a fim de responder a alguns questionamentos que surgiram durante o trabalho.

Houve, uma breve análise de dados em estudos de casos publicados, fazendo comparações e seleções das partes principais para utilização direta e indireta no *corpus* do projeto.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pudemos analisar que o método Seis Sigma necessita principalmente de grande comprometimento da alta gerência, porém, toda a empresa precisa estar integrada, para que ocorra a mudança cultural necessária. Para isso, é indispensável à utilização de ferramentas e técnicas estatísticas e de qualidade para a correção de falhas e defeitos e conseqüentemente elevar o nível de competitividade de qualquer empresa. Dessa forma, quando se consegue atingir o nível 6, é impossível haver descontinuidade, pois nesse ponto a empresa consegue adaptar totalmente sua cultura organizacional, treinar e conscientizar todos os colaboradores, criando a integração e motivação dentro do ambiente de trabalho.

Usando todos os atributos necessários de forma sistemática para implantar o Seis Sigma, teremos facilmente a empregabilidade do programa dentro das organizações, possibilitando a constante satisfação dos clientes e, dessa forma, a melhoria nas condições financeiras das empresas, bem como dos consumidores, colaboradores, resultando num avanço econômico em uma nação.

A abordagem temática da pesquisa se limitou à implantação do método Seis Sigma, tendo ainda muito a pesquisar sobre o método abordado e outros métodos de qualidade, voltando-se principalmente ao fator desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, J.M. CAUCHICK MIGUEL, P. A. A Importância do Método Seis Sigma na Gestão da Qualidade Analisada sob uma Abordagem Teórica. **Revista De Ciência Tecnologia** • V. 11, Nº 20 – pp. 91-98, jul./dez, 2002.

ANDRIETTA, J.M.; CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo *survey* exploratório-descritivo e**

**perspectivas para pesquisas futuras.** Gest. Prod., São Carlos, v. 14, n. 2, p. 203-219, maio-ago., 2007.

ARIENTE, M. et al. **Processo de mudança organizacional: estudo de caso do Seis Sigma.** Rev. FAE, Curitiba, v.8, n.1, p.81-92, jan./jun., 2005.

CARVALHO, M.M. ROTONDARO, R.G. Modelo Seis Sigma. In: CARVALHO, M.M. (Cord.); PALADINI, E.P. (Cord.). et al. **Gestão da Qualidade: Teorias e Casos.** Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2012. p.129-154.

MORA JÚNIOR, C.H.; LIMA E. **Descontinuidade de programas seis sigma: um estudo comparativo de casos.** REGE, São Paulo – SP, Brasil, v. 18, n. 4, p. 639-658, out./dez, 2011.

PENCZKOSKI, D.P.; PEDROSO, B.; PILATTI, L.A. Dificuldades da implantação do programa Seis Sigma. In: **4º Encontro de engenharia e tecnologia dos Campos Gerais**, 25 a 29 de agosto de 2008.