

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

HELIO HENRIQUE COSTA CARNEIRO

Ecotécnicas Aplicáveis à Construção Civil

Guaratinguetá

2017

Helio Henrique Costa Carneiro

Ecotécnicas Aplicáveis à Construção Civil:

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^o Dr. João Ubiratan de Lima e Silva
Coorientador:

Guaratinguetá
2017

C289e Carneiro, Helio
Ecotécnicas aplicáveis a construção civil / Helio Carneiro –
Guaratinguetá, 2017.
51 f. : il.
Bibliografia: f. 49-51

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.
Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

1. Construção sustentável 2. Resíduos sólidos 3. Geração de energia
fotovoltaica I.Titulo

CDU 69:504

Pamella Benevides Gonçalves
Pamella Benevides Gonçalves
Bibliotecária CRB/8:9203

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

HELIO HENRIQUE COSTA CARNEIRO


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUANDO EM
ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL

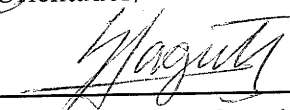


Prof^o Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof^o Dr. João Ubiratan de Lima e Silva
Orientador/UNESP-FEG



Prof^o Dr. Yzumi Taguti
UNESP-FEG



Prof^o Msc. Thiago Bazzan
Membro Externo

Dezembro , 2017

DADOS CURRICULARES

HELIO HENRIQUE COSTA CARNEIRO

NASCIMENTO 09/08/1990 - São Paulo / SP

FILIAÇÃO Francisco Dorival Carneiro
Olivani Duarte Costa Carneiro

2011 /2017 Curso de Graduação (Engenharia Civil)
Unesp Guaratinguetá

A meus pais.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, que sempre me deu sabedoria, vontade de aprender e a estudar durante esses anos.

Agradeço meus pais e irmãos por todo empenho para que o sonho fosse possível.

A minha namorada Lizandra por todo apoio e carinho.

Aos meus amigos de república pelos anos de boa amizade principalmente aos amigos Caio Fontes e Rodolfo Rogério por sempre me ajudarem na vida acadêmica.

*“Nada é impossível para aquele que persiste”
Alexandre, O Grande*

RESUMO

Este trabalho tem como abordagem as principais ecotécnicas presentes na construção civil. O estudo em questão, mostra alternativas de construções frente aos métodos tradicionais, visando um melhor aproveitamento dos recursos naturais e, sobretudo, menor gasto energético. As ecotécnicas pesquisadas foram o tijolo ecológico, painel fotovoltaico, parede de lã de rocha, reutilização da água da chuva e águas cinzas, lâmpadas *LED*, gestão de resíduos na construção civil, ventilação natural e telhado verde. Para a confecção dos resultados, foram utilizados dois estudos de caso, um envolvendo telhado verde e outro envolvendo lâmpadas *LED*, para demonstrar a viabilidade e vantagens ao se utilizar técnicas sustentáveis. O presente estudo foi realizado com o intuito de demonstrar que é papel do engenheiro civil pesquisar e implantar alternativas técnicas que agridam menos o meio ambiente, produzindo uma pegada ecológica menor.

PALAVRAS-CHAVE: Ecotecnicas. Construção Civil. Sustentabilidade. Telhado Verde. Lâmpadas *LED*. Gestão de Resíduos.

ABSTRACT

The present work approach the main ecotechnics present in nowadays construction. Through this presentation, this work shows the alternative constructions in front of traditional methods looking towards a better usage of natural resources and lower energy expenditure. The ecotechnics studied here were ecological brick, photovoltaic panel, rock wool wall, rainwater and gray water reuse, *LED* lamps, waste management in civil construction, natural ventilation and green roof. To compile the results, we present two studies cases, one involving green roof and the other involving *LED* lamps, were used to demonstrate the feasibility and advantages of using sustainable techniques. This study was carried out with the purpose of demonstrating that it is the role of the civil engineer to research and implement technical alternatives that lessen the environment, producing a lesser ecological footprint.

KEYWORDS: Ecotechnics. Construction. Sustainability. Green roof. Led lamps. Waste Management in civil construction

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	JUSTIFICATIVAS	11
3	OBJETIVOS	12
4	METODOLOGIAS	13
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
5.1	Definição de ecotécnicas	14
5.2	Definição de pegada ecológica	14
5.3	Ecotécnicas mais utilizadas	14
5.3.1	Tijolo ecológico	14
5.3.2	Painel Fotovoltaico	16
5.3.3	Parede de lã de rocha	17
5.3.4	Reuso da água da chuva	17
5.3.5	Reuso de águas cinzas	21
5.3.6	Lâmpadas LED	22
5.3.7	Gestão de resíduos na construção civil	24
5.3.8	Ventilação Natural	27
5.3.9	Telhado Verde	30
5.3.9.1	Contexto histórico	31
5.3.9.2	Benefícios	33
5.3.9.2.1	<i>Qualidade do ar</i>	33
5.3.9.2.2	<i>Combate as ilhas de calor</i>	33
5.3.9.2.3	<i>Melhoria do isolamento térmico nas edificações</i>	33
5.3.9.2.4	<i>Melhoria do isolamento acústico nas edificações</i>	33
5.3.9.2.5	<i>Maior retenção da água das chuvas</i>	33
5.3.9.2.6	<i>Redução do consumo de energia na edificação</i>	34
5.3.9.2.7	<i>Aumento da biodiversidade</i>	34
5.3.9.2.8	<i>Produção de Alimentos</i>	34
5.3.9.2.9	<i>Valorização da edificação</i>	34
5.3.9.3	Desvantagens	35
5.3.9.4	Componentes	35
5.3.9.4.1	<i>Camada impermeabilizante</i>	35
5.3.9.4.2	<i>camada drenante</i>	35
5.3.9.4.3	<i>camada filtrante</i>	36
5.3.9.4.4	<i>membrana de proteção contra raízes</i>	36

5.3.9.4.5	<i>solo e vegetação</i>	36
5.3.9.5	Tipos de telhado Verde	36
5.3.9.5.1	<i>Telhado verde extensivo</i>	36
5.3.9.5.2	<i>Telhado verde intensivo</i>	36
5.3.9.5.3	<i>Telhado verde semi-intensivo</i>	37
5.3.9.6	Manutenção e cuidados especiais	38
6	RESULTADOS	39
6.1	Estudo de caso sobre melhora climática proporcionado pelo telhado verde	39
6.2	Estudo de caso sobre Lâmpadas <i>LED</i>	42
6.2.1	Análise econômica	42
6.2.1.1	Caso 1: Comparativo econômico entre LuxSpace e Halógena PAR20	43
6.2.1.2	Caso 2: Comparativo econômico entre SpotLED e Halógena MV G9	44
6.2.1.3	Caso 3: Comparativo econômico entre eWProfile 20W e Fluorescente 18W	44
7	DISCUSSÃO	45
8	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Devido as transformações do clima e a ocorrência de desastres ambientais nos últimos anos, a sociedade se vê cada vez mais no papel de produzir um menor impacto ambiental e preservar os recursos naturais.

Diversos setores da sociedade tem se engajado em criar soluções que prejudiquem menos o meio ambiente, dentre esses ramos, pode-se destacar o Engenheiro Civil.

Portanto, (...) necessita-se de uma organização racional da sociedade que seja capaz de evitar a exploração dos recursos naturais até sua exaustão. Contudo, não basta racionalizar o metabolismo entre os homens e a natureza. Concomitantemente, é preciso estabelecer relações sociais que atendam às necessidades básicas e eliminem as carências gritantes que afligem a maioria das sociedades contemporâneas. Porque, em última análise, a dominação irracional sobre a natureza reflete atitudes e comportamentos irracionais dos homens sobre os homens (RATTNER, 2006).

A construção civil sendo a maior atividade poluidora do meio ambiente realizada pelo homem, além também de utilizar grandes quantidades de recursos naturais, se faz necessário cada vez mais o emprego de novas tecnologias com o intuito de reduzir a pegada ecológica desse setor.

O surgimento de novas pesquisas na Engenharia Civil tem criado diversas alternativas de técnicas com soluções sustentáveis, denominadas de ecotécnicas. Elas tem como objetivo reduzir o gasto energético, reaproveitar os recursos naturais do meio ambiente, diminuir os poluentes, gerir os resíduos das obras, reaproveitar a água, melhorar a qualidade acústica e de segurança das construções, dentre outros.

2 JUSTIFICATIVAS

O motivo pelo qual esse tema foi escolhido é que numa sociedade cada vez mais geradora de poluição e lixo, se faz necessário pesquisar alternativas de construção que agridam menos o meio ambiente. O presente trabalho é destinado a estudantes e leigos sobre o assunto, mas que tenham como objetivo a pesquisa sobre novos modelos de técnicas de construção sustentáveis.

3 OBJETIVOS

Apresentar algumas das ecotécnicas mais utilizadas atualmente na construção civil visando uma alternativa sustentável aos moldes atuais de construção, garantindo, com isso, uma menor pegada ecológica. Além de apresentar novas tecnologias, mostrar-se-a vantagens e desvantagens e a viabilidade econômica de uma das ecotecnicas estudadas.

4 METODOLOGIAS

Para o presente estudo foi feito uma vasta pesquisa pela internet, através de sites especializados e teses acadêmicas além da consulta por livros sobre alternativas sustentáveis de construção.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 DEFINIÇÃO DE ECOTÉCNICAS

As ecotécnicas ligadas a construção civil podem ser definidas como um conjunto de intervenções tecnológicas que visam promover um menor impacto ambiental nos métodos construtivos e energéticos.

5.2 DEFINIÇÃO DE PEGADA ECOLÓGICA

A pegada ecológica é uma ferramenta de contabilidade ambiental cujo objetivo é medir o impacto deixado pelas atividades humanas (consumo, transporte, comércio, agricultura, indústria, entre outros) no meio ambiente.

A expressão foi usada pela primeira vez em 1992 por William Rees, um ecologista e professor canadense da Universidade de Colúmbia Britânica.

Ela é apresentada em hectares globais (gha), possibilitando equiparar variados padrões de consumo e verificar se estão em conformidade com a capacidade ecológica do planeta.

Quanto maior for a pegada ecológica de uma atividade, maior dano ambiental ela causa ao meio ambiente.

5.3 ECOTÉCNICAS MAIS UTILIZADAS

5.3.1 Tijolo ecológico

Também conhecido pelo nome de “BTC – Bloco de Terra Comprimida” ou “Tijolo modular de solo cimento”, o tijolo ecológico é produzido a partir de solo, cimento e água. A principal diferença dele para outros tijolos é a sua cura hidráulica, pois ele não é cozido em forno, sendo que nesse processo consome-se madeira e emite gases poluentes na atmosfera. Além disso, outro fator que o torna ecológico é a proporção de cimento incorporado a ele (dez por cento) e o tipo de solo utilizado.

A resistência média à compressão dos tijolos, segundo a NBR 8491 – Tijolo de solocimento – especificação, não deve ser inferior a 2,0 MPa aos sete dias, e a absorção média de água deve ser inferior a 20%. A norma recomenda o uso do cimento Portland comum. Quanto ao solo, é preferível utilizar solos arenosos. Os mais adequados são os que possuem 100% dos grãos passando na peneira 4,8 mm; de 10% a 50% passando na peneira 0,075mm; limite de liquidez $LL \leq 45\%$; e limite de plasticidade $LP \leq 18\%$. Solos com essas características propiciam condições para que se tenha menor consumo de cimento e obtenção de tijolos de melhor qualidade (Segantini, 2006)

Além do viés ecológico, o tijolo de solo cimento possui inúmeras vantagens frente ao tijolo tradicional, dentre as quais podemos citar sua maior durabilidade, podendo ser até seis vezes mais

resistentes, tem um ótimo isolamento termoacústico, além de gerar pouco entulho, sua construção é feita de forma mais rápida, com uma melhor distribuição de cargas na estrutura proporcionando mais segurança a construção, dentre outros. Na figura 1 temos um exemplo de obra com tijolo ecológico.

A utilização de tijolos de solo-cimento necessita, todavia, de cuidados para se evitar patologias comuns, tais como fissuras por efeito de retração, desgaste superficial do tijolo e percolação de umidade através de paredes.

Figura 1 – Exemplo de obra com tijolo ecológico



fonte: Sua obra (2017)

Já algumas das desvantagens do uso do tijolo ecológico são que ele requer uma mão de obra qualificada, ele possui baixa resistência a impactos em sua quinas, há no mercado uma falta de padronização e uniformidade, para sua construção as paredes precisam ter uma maior espessura, diminuindo, com isso, a área útil dos cômodos da residência.

Após a construção, os tijolos podem ficar aparentes, garantindo um projeto mais rústico ou ainda receber argamassa ou qualquer tipo de revestimento. A parede com solo cimento pode ser pintada sem receber antes a aplicação de massa, tal opção reduz os gastos com revestimentos, tornando o projeto mais econômico.

Por conta de seu molde e encaixe, o prumo e alinhamento da parede é feita de forma rápida e, além disso, os vazios dos blocos tornam mais fáceis a instalação de tubos e fiações, permitindo um melhor encaixe do sistema.

O solo-cimento é uma evolução do método de construção civil do passado, como o barro e a taipa. Só que as colas naturais, de diferentes características, foram substituídas por um produto industrializado e de qualidade controlada: o cimento.

Atualmente esse método de construção encontra-se bastante difundido, principalmente entre a população mais pobre, pois embora sejam semelhante ao método tradicional, o uso do solo-cimento proporciona uma redução em torno de 30% nos custos finais das obras (Pecoriello, 2003). Tal diminuição de custos é devido ao baixo investimento de sua confecção, à facilidade em ter paredes

alinhadas e apuradas e, ainda, à sua facilidade de construção, se comparado com obras convencionais que utilizam tijolos cerâmicos comuns.

5.3.2 Painel Fotovoltaico

Painéis fotovoltaicos são dispositivos que convertem a energia da luz do sol em energia elétrica. São constituídos por células fotovoltaicas (células fotoeletroquímicas e células de nanocristais) que criam uma diferença de potencial elétrico por ação da luz solar, fazendo a corrente elétrica fluir entre duas camadas de células solares com cargas opostas.

O conjunto de células solares é denominada painel solar. Devido a baixa eficiência de uma célula solar, girando em torno de 16% a 28%, um conjunto delas espalhadas por uma grande área pode gerar uma quantidade de energia suficiente para ser útil. Para que haja um maior recebimento de energia, os painéis solares devem estar direcionados para o Sol, conforme visto na figura 2.

Figura 2 – Painel solar fotovoltaico



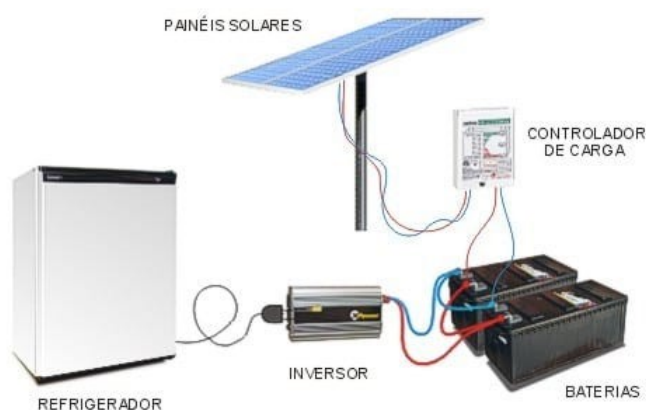
fonte: ICF Construtora (2017)

Dependendo da tensão e da corrente que se almeja obter são feitas associações de módulos em série e/ou paralelo. A energia elétrica obtida é canalizada para as baterias de armazenamento de energia. Para preservar o sistemas de uma corrente de retorno, painéis utilizam-se de um diodo em série. Para a gestão da carga produzida em um sistema fotovoltaico faz-se necessário um sistema de regulação, supervisão e controle, denominado SRSC. Como os painéis produzem corrente de forma contínua, é imprescindível o uso de um inversor para aplicação de cargas que envolve corrente alternada. Em sistemas fotovoltaicos maiores, há um sistema para estabelecer a prioridade de utilização quando existem simultaneamente cargas alternadas e contínuas.

As vantagens desse tipo de eletricidade é que ela é renovável e é uma fonte limpa de energia, ou seja, não gera poluição ao meio ambiente. Além disso essa fonte de energia possui uma baixo custo de manutenção dos equipamento utilizados.

Porém apenas 1% da energia produzida e consumida é proveniente de painéis solares, isso se deve ao fato que seu custo para a compra e instalação dos equipamentos ainda é alto. Além disso, em dias de chuva ou com baixa incidência de raios solares, a geração de energia é baixa.

Figura 3 – Exemplo de funcionamento de um painel solar



fonte: Pozzembom (2013)

Com o advento de novas tecnologias e da demanda essa fonte de energia vem crescendo ano a ano no Brasil e no mundo, tornando-se, cada vez mais, uma ótima escolha de energia renovável.

5.3.3 Parede de lã de rocha

A lã de rocha, podendo se encontrar em forma de placa ou manta, se origina de fibras minerais de rocha vulcânica. Além de seu material não aprisionar umidade, pois ele detém uma estrutura não capilar, as alterações devido a condensações esporádicas são nulas.

O material possui ótimas propriedades de isolamento térmico, reduzindo a troca de calor entre as superfícies internas e externas, por conta de sua pequena condutividade térmica, conforme visto na figura 5.

A lã de rocha possui também uma boa propriedade acústica devido a sua estrutura fibrosa, fazendo com que ela seja utilizada em ambientes para auxiliar na redução de barulho.

Já as propriedades físicas são marcadas por ser um material bastante resiliente, ou seja, consegue voltar ao seu estado inicial após a aplicação de deformações.

Este material é aplicado sob coberturas de residências, sobre forros ou telhas, entre alvenarias e divisórias de paredes, conforme visto na figura 4.

Uma outra vantagem é que o material possui um ótimo custo-benefício seja em residências ou na indústria, sendo que nessa última, o material é empregado no sentido da conservação de energia (térmica) e também para a segurança de trabalhadores em áreas onde existe grande irradiação de calor como caldeiras industriais, pois ela pode suportar temperaturas acima de 200°C.

5.3.4 Reuso da água da chuva

Para inserir o aproveitamento de água de chuva nos sistemas hidráulicos prediais são fundamentais uma série de elementos necessários que promova a captação, o transporte, o tratamento, o armazenamento e o aproveitamento da água recebida das superfícies impermeáveis (OLIVEIRA et al., 2007). Segundo Fewkes (1999) apud Oliveira et al. (2007), os sistemas de aproveitamento de água de chuva podem ser introduzidos nos sistemas hidráulicos prediais através de soluções acessíveis. Para regiões

Figura 4 – Instalação de placas de lã de rocha em uma parede de escritório



fonte: Proacoustic (2017)

Figura 5 – Exemplo de isolamento térmico com lã de rocha



fonte: Isoline (2017)

com períodos chuvosos regulares e constantes durante todo o ano, esse sistema tem um ótimo custo benefício.

Para a implementação de um PCA (Programa de Conservação da Água) é necessário conhecer a distribuição do consumo da água que varia de acordo com a tipologia da edificação, a especificidade dos sistemas hidráulicos e os usuários (SAUTCHUK et al., 2005).

A análise das possibilidades de aplicação de fontes alternativas de água deverá considerar os níveis de qualidade de água necessários, as tecnologias existentes, cuidados e riscos associados à aplicação de “água menos nobre” para “fins menos nobres” e a gestão necessária durante a vida útil da edificação. Além disso, os custos envolvidos na aquisição das tecnologias e ao longo da gestão deverão ser levantados durante a concepção das soluções. (SAUTCHUK et al., 2005)

Sobretudo, o sistema para aproveitamento de água de chuva é composto por cinco elementos: filtro, freio d’água, filtro flutuante, multissifão e kit de interligação. Em qualquer edificação, seja em uma casa, comércio, prédios, fábricas ou um empreendimento, a água de chuva que cai sobre os telhados ou pisos é encaminhada para a sarjeta na calçada ou para a rede de águas pluviais, sendo então desperdiçada.

A utilização da água de chuva, além de reverter em economia de água potável, ajuda também na diminuição de problemas relacionados a falta de recursos hídricos. É uma maneira de uso mais inteligente da água potável e de impedir seu uso para propósitos não potáveis, diminuindo a pressão sobre os mananciais.

O armazenamento da água de chuva em cisternas pode ser relacionado também como um jeito de colaborar para a diminuição de enchentes nos grandes centros urbanos. A água pode ter inúmeras aplicações domésticas, desde que considerados os usos e cuidados de utilização.

Figura 6 – Conjunto de calhas, condutores, filtros e cisterna de armazenamento de águas pluviais



fonte: Dudzevich (2009)

Tabela 1 – Tabela da NBR 15527 sobre parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2007)

Para a utilização de água não potável, para fins mais populares, a ANA salienta exigências mínimas de qualidade da água de acordo com o motivo de sua utilização (SAUTCHUK et al., 2005).

Para atividades de irrigação e lavagem de pisos as exigências mínimas é que a água não deve conter mau-cheiro, não podem existir substâncias que prejudiquem as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas, não pode ser abrasiva, não pode machar superfícies, não devem contaminar os usuários ou plantas por bactérias ou vírus.

Para atividades internas como água para descarga em bacias sanitárias, a água não deve apresentar mau-cheiro, não deve ser abrasiva, não deve manchar superfícies nem formar incrustações.

Para lavagem de veículos a água não deve apresentar mau-cheiro, não deve ser abrasiva, não deve manchar superfícies, não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem, não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Para lavagem de roupa a água deve ser incolor, não deve ser turva, não deve apresentar mau-cheiro, deve ser livre de algas, deve ser livre de partículas sólidas, deve ser livre de metais, não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos, não deve propiciar infecções como a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Para uso ornamental a água deve ser incolor, não deve ser turva, não deve apresentar mau-cheiro, não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos, não deve propiciar infecções como a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Para uso na construção civil a água não deve apresentar mau-cheiro, não deve alterar as características de resistência dos materiais, não deve favorecer o aparecimento de efflorescências de sais, não deve propiciar infecções como a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

A NBR 15527/2007 também determina parâmetros para a qualidade de água de chuva para usos não potáveis (Figura 7), esse padrões de qualidade devem ser seguidos para que não haja uma contaminação dela ao utilizá-las.

A ABNT – NBR 15527/2007 ainda determina parâmetros de manutenção conforme figura 8.

Tabela 2 – Tabela da NBR 15527 sobre frequência de manutenção

Componente	Freqüência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2007)

O volume do reservatório inferior (cisterna) é calculado em metros cúbicos. Deve-se atentar ao melhor local de construção do reservatório, sendo que deve-se ponderar quanto ao nível do terreno e o percurso da tubulação, verificando o caminho da água da chuva. Esses reservatórios podem ser fabricados em concreto no local ou podem ser utilizadas caixas d'água prontas e próprias para serem enterradas. Essas cisternas devem ser bem calculadas e reforçadas, pois as mesmas podem ficar vazias (épocas de seca) e, por isso, deve-se resistir ao peso da terra ao seu redor. Quando estiverem totalmente cheias, devem resistir a força da água.

Algumas considerações devem ser levadas em conta na hora de projetar e utilizar o sistema de reuso da água da chuva como, a água de chuva filtrada deve permanecer em local arejado e sem incidência de raios solares, a água de chuva não é potável, a água de chuva não pode ser utilizada em pias de banheiro ou cozinha, assim como em chuveiros, o descarte da água de chuva não pode ser interligada com a rede de esgoto da concessionária, as torneiras de jardim para água de chuva devem ser identificadas como "água não potável". É estipulado utilizar uma torneira especial com trava, a fim de evitar o consumo por parte das crianças.

No projeto e durante a realização da obra, um ponto fundamental é a questão de cotas das tubulações. As tubulações devem ter uma inclinação de, no mínimo, 1%, para permitir o fluxo de água dentro da tubulação.

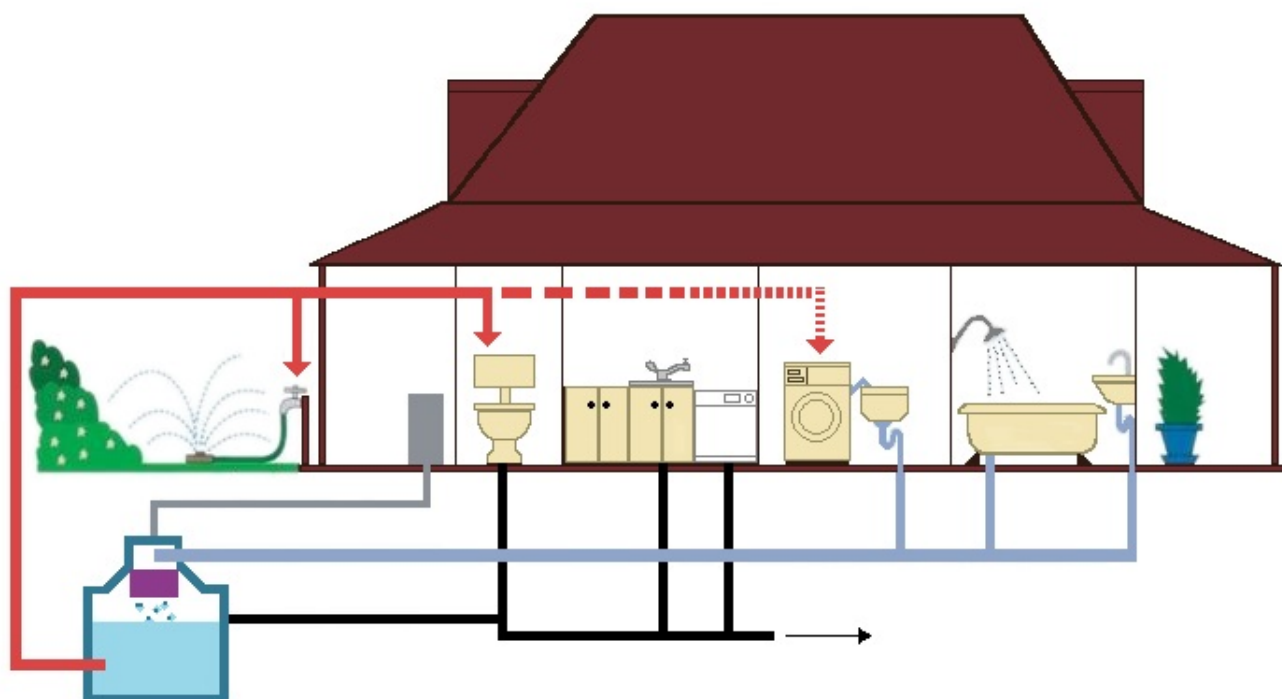
5.3.5 Reuso de águas cinzas

Outro tipo de reaproveitamento de água além da água da chuva é o reuso de água cinza em condomínios e residências. Água cinza é aquela proveniente de banhos, máquinas de lavar roupa e lavatórios de banheiro, que não entraram em contato com águas negras, nome dado ao efluente com fezes e urina, conforme esquema da figura 7. Não são incluídas na água cinza o efluente gerado na cozinha e dos vasos sanitários devido às suas características.

Normalmente, o reuso é destinado principalmente para irrigação, lavagem de pisos e descargas sanitárias. A determinação de como será o sistema e a instalação do equipamento adequado para tratamento é definido pelo reuso desejado e possível para o sistema.

Os três sistemas mais frequentes de reutilização dessas águas são os através de caixas de retenção, através do reuso direto e através do reuso por filtragem.

Figura 7 – Sistema de aproveitamento de águas cinzas



fonte: Liter (2017)

O sistema feito por caixas de retenção tem como tratamento básico e inicial a contenção de sólidos, sabão e gorduras corporais. Esse método é realizado por meio de duas caixas simples, cujo objetivo é preservar o máximo de efluentes da água quanto de garantir volume e pressão às etapas seguintes. Nessas caixas, ocorre a retenção forçada do sabão - por suspensão - e dos sólidos - por sedimentação.

Já o sistema por reuso direto é realizado através do armazenamento da água em reservatórios após sua passagem pela caixa de retenção. Por meio de bombas, são designadas à irrigação. Tal processo de irrigação é aconselhado ser feito de modo subterrâneo, a fim de evitar o contato humano com a água.

No sistema por filtragem, após a passagem da água pelas caixas de retenção, ocorre a sua filtragem por meio de reservatórios de areia e com carvão ativado, sendo que o carvão ajuda a eliminar o cheiro de substâncias químicas, ao mesmo tempo que a areia filtra através da retenção de partículas. Existe também a filtragem por reação anaeróbia, na qual a água passa por um reator anaeróbio. Neste compartimento, ocorrem reações que decompõem a matéria orgânica presente na água. Tais reações produzem biogás, que é eliminado na atmosfera por meio de tubulações próprias.

5.3.6 Lâmpadas *LED*

O *LED* é um componente eletrônico semicondutor, isto é, um diodo emissor de luz (*LED* = Light Emitter Diode), tecnologia semelhante empregada nos chips dos computadores, que tem a finalidade de transformar energia elétrica em luz. Tal conversão é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que empregam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nos *LEDs*, a conversão de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por conta disso,

chamada de Estado sólido (Solid State). O *LED* é uma peça de tipo bipolar, ou seja, tem um terminal chamado ânodo e outro, chamado cátodo. Conforme polarizado, possibilita ou não o acesso de corrente elétrica e, assim sendo, pode ou não gerar luz.

“Uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas. Elas possuem diferentes comprimentos, e o olho humano é sensível a somente alguns. Luz é, portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual. A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade” (OSRAM, 2014).

A luz transmitida pelos *LEDs* é fria devido a ausência de infravermelho no feixe luminoso. Todavia, os *LEDs* transmitem a potência dissipada em forma de calor e isto deve ser considerado na hora de realizar um projeto com dispositivo *LEDs*, pois a negligência deste ponto poderá acarretar em uma degradação acentuada do seu fluxo luminoso, além da redução da sua vida útil.

Figura 8 – Lâmpada de *LED*



fonte: Lumilandia (2017)

As lâmpadas *LED* possuem inúmeras vantagens como uma maior vida útil frente aos dispositivos tradicionais, sua tecnologia reduz o impacto ambiental com baixo consumo de energia e dura de 15 a 25 mil horas sem necessidade de manutenção. Apresenta uma maior eficiência que as lâmpadas incandescentes e halógenas, sendo que as lâmpadas de *LED* consomem 90% menos de energia. Possui baixa voltagem de operação, não representando um perigo ao instalador. Possui resistência a impactos e vibrações por conta de sua tecnologia de estado sólido, ou seja, sem filamentos, vidros, etc. Possui um controle dinâmico da cor, podendo ser obtido um espectro variado de cores desde que seja utilizado de forma correta. Pode dispor de um controle de intensidade variável de fluxo luminoso. Ausência de infravermelho e ultravioleta, garantindo um feixe de luz frio e podendo ser utilizado na iluminação de obras de arte. Não utiliza mercúrio ou qualquer elemento que cause dano a natureza. Na figura 8 temos um exemplo de lâmpada de *LED*.

As lâmpadas de *LED* podem ser usadas em diversas aplicações, seja em áreas internas ou áreas externas. Seu rendimento a torna proveitosa especialmente em locais que demandam de grande gasto energético, como fábricas, shoppings centers e comércios em geral. Porém, um fator desfavorável é o preço menos competitivo do *LED* frente as lâmpadas tradicionais. No entanto, essa questão torna-se relativa se o usuário levar em conta a baixa necessidade de manutenção.

Figura 9 – Exemplo de cômodo com iluminação *LED*

fonte: Led aqui (2017)

5.3.7 Gestão de resíduos na construção civil

A indústria da construção civil é uma das mais significativas atividades socioeconômicas brasileiras, compreendendo desde a extração de insumos até a construção propriamente dita. Segundo Souza et al. (2004), é avaliado que esta indústria seja incumbida pela geração de 3,92 milhões de empregos, constituindo o setor que mais emprega na economia.

De acordo com IBGE (2015), no ano de 2014, o setor da construção obteve participação em 6,5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Por conta do grande consumo de recursos naturais e a grande geração de resíduos, o ramo da construção civil é caracterizada como uma atividade potencialmente deterioradora do meio ambiente.

Segundo Pinto e Gonzáles (2005), nas cidades de médio e grande porte, os sedimentos remanescentes da construção civil equivaliam de 41 a 70% do total dos resíduos produzidos nestas cidades, segundo estudo feito no período de 1990 até 2001. Para Azevedo, Kiperstok e Moraes (2006), o maior empecilho dos entulhos gerados pela construção civil, é o seu descarte em áreas impróprias.

Esse descarte em áreas impróprias pode gerar uma série de problemas na natureza, tais como a contaminação do solo e das águas, gerando, com isso, em condições favoráveis ao desenvolvimento de poluição, agentes patogênicos e animais vetores de doenças. Outro ponto desfavorável é o aspecto visual desagradável que esses materiais proporcionam ao meio ambiente. Portanto, a crescente geração de resíduos vem exigindo diferentes tipos de soluções como forma de reduzir o descarte impróprio destes objetos.

Usualmente é constatado o descuido quanto às questões ambientais em canteiros de obras. Para tal comportamento ser mudado, são necessárias ações de sensibilização e mobilização quanto ao entendimento do papel da indústria de construção civil frente ao meio ambiente.

O mais influente mecanismo da legislação tocante aos resíduos sólidos brasileiros é feito pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), que delibera sobre o adequado gerenciamento dos resíduos sólidos. A Resolução n 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, regula-

Tabela 3 – Tabela da Conama nº 307 sobre classificação dos resíduos da construção civil

Classificação	Tipologia
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, entre outros.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
Classe D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

fonte: Resolução CONAMA n 307 de 2002.

menta o gerenciamento dos resíduos, com critérios, diretrizes, procedimentos e da responsabilidades e deveres a serem seguidos pelos municípios quanto ao gerenciamento dos mesmos.

Nesse sentido, a gestão de resíduos da construção civil é fator determinante para diminuir os danos ambientais do ramo em questão constituindo-se como um instrumento para a minimização dos danos ambientais advindos do setor em questão.

De acordo com Lima e Lima (2009), a fase de identificação do resíduo de construção civil é relevante no sentido de caracterizar e quantificar os resíduos e, com isto, verificar o planejamento apropriado, objetivando a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

Segundo a CONAMA nº 307, os resíduos são caracterizados das seguintes formas:

Após a caracterização dos resíduos deve-se fazer a triagem dos resíduos através de suas classes. Esta etapa de segregação é muito importante, pois uma boa separação diminui os custos de remoção dos resíduos além de organizar o canteiro de obras e identificar os pontos de desperdício.

Dentre os principais meios de organização dos materiais provenientes da construção civil temos os big bags, que servem para separar solos, entulhos, ou materiais usados como botas, luvas e etc.

Outro método de organizar os resíduos da construção civil é através de baias, que é uma ferramenta para a alocação temporária dos resíduos. Elas podem ser móveis ou fixas (Figuras 11 e 12), sendo sua seleção vinculada a fatores como espaço, quantidade e tipo de resíduo a ser acondicionado.

Além disso, existem também as caçambas estacionárias como visto na figura 16, elas são estruturas metálicas com capacidade para cerca de 5 m. Elas são adequadas a acomodação de resíduos cuja massa e volume sejam grandes, tais como os relacionados à Classe A, além de madeiras, que são da Classe B. Sua saída do local é feita por caminhões-caçamba, projetados especialmente para este fim, que levam a caçamba até o destino final.

Figura 10 – Exemplo de armazenamento de areia proveniente da construção civil



fonte: Mundial log (2017)

Figura 11 – Exemplo de baia móvel



fonte: Souza (2007)

Figura 12 – Exemplo de baia fixa



fonte: Souza (2007)

Essa etapa de transporte é definida pela remoção dos resíduos provenientes das obras para estações de tratamento como aterros sanitários ou centrais de reciclagem. É essencial estabelecer uma logística

Figura 13 – Caçamba estacionária



fonte: Jornal do oeste (2015)

para o transporte, estabelecendo acessos apropriados, horário e controle da entrada e saída de veículos que irão retirar os resíduos, com isso, cria-se uma melhor organização evitando o acúmulo de resíduos. As empresas que realizam esse transporte devem ter licença ambiental para essa atividade, expedida pelo órgão competente.

O tratamento dos resíduos são atividades que trazem benfeitorias, tais como a inserção dos mesmos na cadeia produtiva, além da diminuição da utilização dos recursos naturais, diminuição da poluição e criação de empregos e renda.

5.3.8 Ventilação Natural

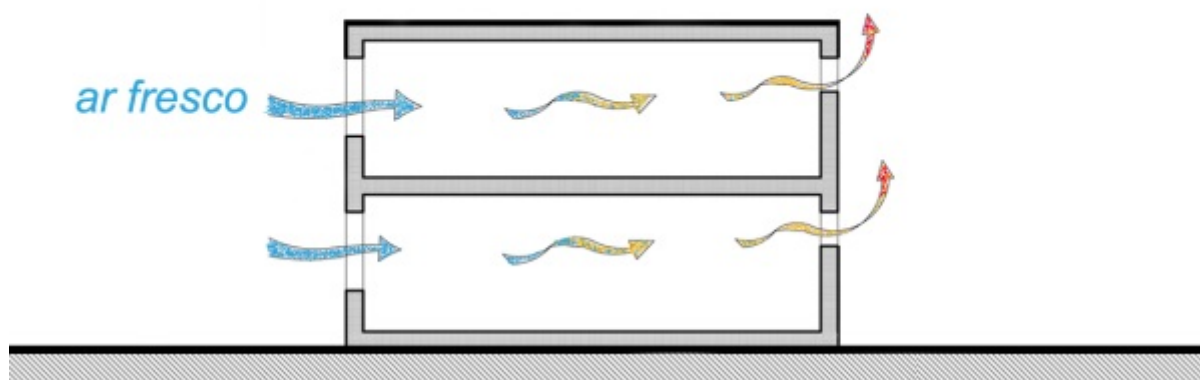
A utilização da ventilação natural é um dos fundamentos da arquitetura sustentável, devido ao fato do vento ser uma fonte renovável. O uso correto desse princípio acarreta em muitos benefícios para as construções, tais como a diminuição de gastos energéticos, troca constante do ar na edificação, produzindo ambientes confortáveis e salubres. Além disso essa ecotécnica pode ser utilizada com três finalidades secundárias que são a preservação da qualidade do ar nos ambientes internos, proporcionar o resfriamento fisiológico das pessoas e transportar a carga térmica contraída pela edificação devido aos aumento de temperatura.

Uma das técnicas da ventilação natural é a ventilação cruzada. Esse método acontece quando existem no mínimo duas aberturas em regiões diferentes da edificação, possibilitando o completo movimento do ar pelo ambiente. O local da abertura deve levar em conta a disposição da massa de ar predominante da região (frequência, direção e velocidade). Deve-se atentar ao fato que essa técnica pode acarretar um resfriamento exacerbado ao ambiente caso não seja feito de forma correta. O interessante é possibilitar a entrada de ar fresco no ambiente, como portas, janelas, afastando o ar quente para regiões opostas como telhas de ventilação, claraboia e etc.

Um exemplo dessa técnica é o projeto do Reichstag, parlamento alemão, localizado em Berlin. Este projeto utiliza uma cobertura aberta para estabelecer a ventilação natural, por meio de um cone invertido, que é empregado também para a iluminação natural, no meio da cúpula. O ar fresco ao entrar pela fachada principal, passa pelo edifício e é eliminado através desse cone.

Outra técnica de ventilação natural são as torres de vento. Muito utilizado na arquitetura árabe,

Figura 14 – ventilação cruzada



fonte: Nunes (2014)

Figura 15 – Reichstag alemão

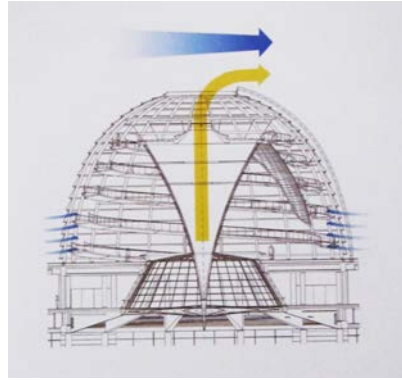


fonte: Nery (2012)

trata-se de uma torre que possibilita a entrada de ar por um ponto, forçando ele a se movimentar, indo para o outro lado do ambiente, permitindo a sucção de ar quente do interior da construção, ventilando-os. Ele é utilizado em locais onde não há brisa, pois a temperatura da torre não é igual ao ambiente externo. Essa técnica é uma ótima solução para as casas de tijolos ou blocos.

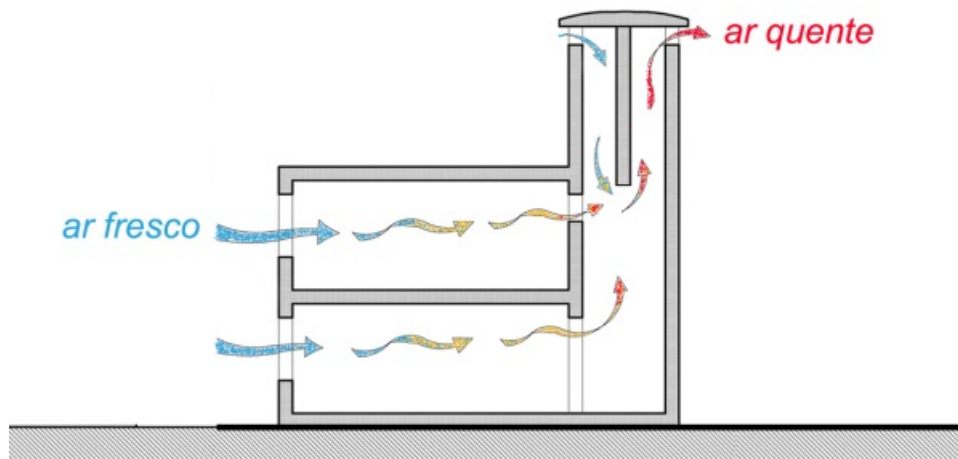
Além disso, a ventilação natural pode ser combinada à fontes de umidade, essa técnica é denominada como resfriamento evaporativo. A evaporação acontece com o trânsito do vento em locais úmidos, o resfriando. A utilização dessa técnica é ideal para locais de clima seco e quente. Um exemplo bastante conhecido dessa técnica é o Palácio do Planalto, no qual Oscar Niemeyer utilizou esse método ao construir os espelhos d'água para umedecer o ar que passa por eles, fazendo com que o ar entre com umidade no espaço interno e saindo pelas aberturas da cobertura.

Figura 16 – Esquema de ventilação no Reichstag alemão



fonte: Pinterest (2017)

Figura 17 – Torre de vento



fonte: Nunes (2014)

Figura 18 – Torre de vento árabe em Dubai



fonte: Philipus (2017)

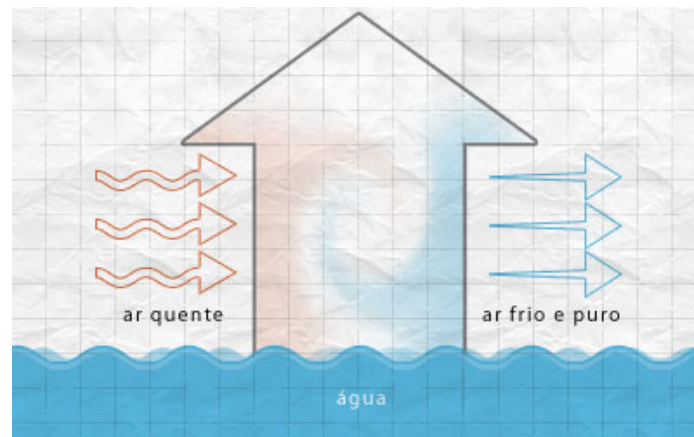
Segundo Gratia e de Herde (2004), a permanência de pessoas em edificações incentiva a preocupação de uma boa qualidade do ar no ambiente. Para suprir tais necessidades, sistematicamente são utilizados equipamentos mecânicos de refrigeração, como o ar condicionado, gerando um custo energético alto, pois muitas vezes a ventilação natural não é bem utilizada.

Figura 19 – Espelho d’água onde ocorre o resfriamento evaporativo no Palácio do Planalto



fonte: Planalto (2017)

Figura 20 – Esquema de funcionamento de um resfriamento evaporativo



fonte: Armec (2017)

5.3.9 Telhado Verde

Telhado verde é uma ecotécnica utilizada nas construções cujo intuito é o plantio de vegetações nas coberturas de residências e edifícios. Ele é implantado constituindo-se de camadas de impermeabilização e de drenagem, nos quais recebem a vegetação e solo apropriada para o projeto.

“Geralmente são aplicados em telhados praticamente planos com inclinação aproximadamente de 5° para permitir o escoamento não muito rápido da água. Para telhados acima de 20° deverão ser tomadas outras providências para deter o fluxo de água como barreiras ou outras estruturas” (TOMAZ, 2008).

Uma atribuição importante do telhado verde é a eficácia em absorver a água da chuva, retardando o escoamento da mesma para o sistema de drenagem. Tal atraso no escoamento da água faz com que essa ecotécnica seja uma ótima opção para regiões urbanas, sendo que se fosse usado em grandes escalas, poderia reduzir a probabilidade de enchentes. Além disso, o telhado verde tem um benefício estético e atua como um isolante térmico nas construções.

5.3.9.1 Contexto histórico

Os registros históricos mostram que desde a época da Babilônia essa ecotécnica já era utilizada, formando os famosos jardins suspensos da Babilônia. Segundo relatos, os jardins foram construídos pelo rei Nabucodonosor na região que hoje se encontra o Iraque. Os jardins permaneciam em seis terrações e tinham aproximadamente 120 metros quadrados cada. Eles foram implantados sobre uma estrutura de poços em formato de arcos. Os poços eram cobertos por uma espécie de betume para que não ocorressem vazamentos. Sua construção foi feita em tijolos, por conta de não haverem muitas pedras disponíveis naquela região. Por conta de sua beleza é considerada uma das sete maravilhas do mundo antigo.

Conseqüentemente, os telhados verdes foram largamente difundidos, no Império Romano árvores eram cultivadas na cobertura de edifícios; no período renascentista na Itália, pré-colombiano no México, na Índia entre os séculos XVI e XVII e em algumas cidades da Espanha, na França a partir do século XVIII e na Escandinávia no início do século XIX (ARAÚJO, 2007)

Figura 21 – Representação do jardim suspenso da Babilônia



fonte: Dicas arquitetura (2017)

No mundo atual, a Alemanha foi a pioneira no desenvolvimento dessa ecotécnica. Desde a década de 1960 essa tecnologia é estudada por pesquisadores, engenheiros e arquitetos, ocorrendo um grande investimento em melhorias gerais, estruturação e regularização de novas técnicas e aperfeiçoamento das matérias primas, objetivando, assim, responder as demandas do mercado.

As décadas de 70 e 80 foram marcadas por essas melhorias em pesquisa sobre as vantagens da utilização do telhado verde, resultando, desta forma, em uma demanda cada vez maior do mercado em utilizar tal ecotécnica

Na década de 90 as pesquisas passaram a se concentrar na escolhas de vegetações que não demandam tanta manutenção. Ao passo que diversos países passaram a elaborar políticas públicas para que seu uso seja estimulado.

O resultado destes procedimentos é que em 2001 cerca de 14% dos telhados alemães contam com o uso dessa tecnologia., totalizando uma área de 13,5 milhões de metros quadrados (PECK, 1999 apud

ARAÚJO, 2007).

Um exemplo dessa ecotécnica na Alemanha é o Aeroporto de Frankfurt, o qual possui 45 mil metros quadrados de vegetação desde 1990. Essa técnica ajuda a diminuir o barulho dos aviões além de inúmeros outros benefícios.

Figura 22 – Telhado verde do aeroporto de Frankfurt

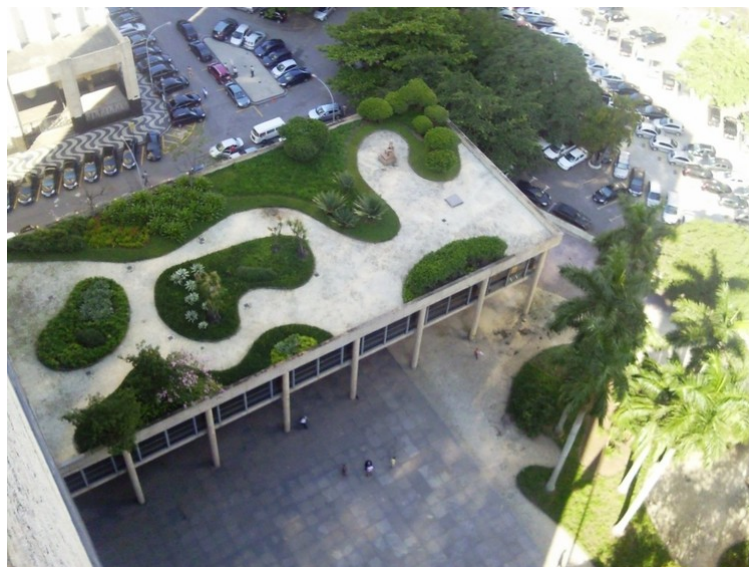


fonte: Green roofs (2017)

No Brasil, esse método construtivo ainda é pouco utilizado, porém, algumas das grandes cidades como Guarulhos (SP), tem leis e instruções que incentivam a construção de coberturas verdes em edifícios públicos e privados.

O primeiro projeto de cobertura verde feito no país foi feito em 1936, no prédio do Ministério da Educação (MEC), executado por Roberto Burle Marx, famoso paisagista paulista, famoso por trabalhos como o Parque do Ibirapuera, em São Paulo, e os Jardins do Aterro do Flamengo, no Rio de Janeiro.

Figura 23 – Telhado verde do Edifício Gustavo Capanema (Prédio do MEC) projetado por Burle Marx



fonte: Pinterest (2017)

5.3.9.2 Benefícios

Os telhados verdes, do ponto de vista ecológico, além de serem uma melhor alternativa frente aos telhados e lajes tradicionais, por conta de implantar novas áreas verdes onde antes eram impossíveis, melhorando a qualidade de vida da população além de possuírem outros inúmeros benefícios.

5.3.9.2.1 *Qualidade do ar*

A instalação dessa ecotécnica melhora a qualidade do ar por conta da vegetação fazer fotossíntese, convertendo o gás carbônico em oxigênio para a atmosfera, além de aderir outros poluentes ao substrato, agindo como um purificador (filtro) de ar urbano.

5.3.9.2.2 *Combate as ilhas de calor*

As ilhas de calor são fenômenos climáticos que são definidos pela elevação da temperatura em uma zona urbana central frente a zonas rurais periféricas. Essa diferença de temperatura pode variar em até 11C, proporcionando dificuldades de bem-estar a população de grandes centros urbanos, além do fato de resultar em um aumento de energia elétrica para resfriar esses ambientes.

A utilização dessa cobertura vegetal nas edificações possibilita a diminuição desse efeito causado pela falta de vegetação nas grandes cidades.

5.3.9.2.3 *Melhoria do isolamento térmico nas edificações*

Nos dias mais quentes, as telhas e lajes convencionais podem marcar mais de 50C, enquanto que as coberturas vegetais permanecem com temperaturas menores que a do ar. Protegendo contra as altas temperaturas no verão e mantendo elas agradáveis no inverno.

5.3.9.2.4 *Melhoria do isolamento acústico nas edificações*

As coberturas verdes ajudam na diminuição de ruídos, isso se deve as camadas que compõem o telhado verde que são as vegetações, solos e camadas de ar confinado dentro desse sistema, auxiliando no isolamento dos ruídos do ambiente externo.

5.3.9.2.5 *Maior retenção da água das chuvas*

Por conta de sua vegetação, essas coberturas auxiliam na drenagem da água da chuva, reduzindo, com isso, a necessidade de escoamento de água pelo sistema de esgoto, auxiliando também na filtragem da poluição dessas águas.

Um efeito secundário dessa retenção, é a diminuição da possibilidade das enchentes nas cidades, pois ao reter essa água, o excesso de escoamento deixa de ir para as ruas.

Existe ainda a opção de reutilizar essa água da chuva para fins secundários, economizando recursos.

5.3.9.2.6 *Redução do consumo de energia na edificação*

Devido a redução da temperatura e melhoria da qualidade e umidade do ar nos entornos da edificação, a utilização do telhado verde promove uma diminuição da necessidade de refrigeração por aparelhos de ar condicionado e aparelhos de ventilação no ambiente.

5.3.9.2.7 *Aumento da biodiversidade*

Com o aumento significativo de áreas urbanas, espécies de animais e vegetais têm sido deslocadas de seu habitat natural. Os telhados verdes são instrumentos de continuidade e manutenção da vida no ambiente urbano, atraindo pássaros, borboletas, entre outros animais que ajudam também no controle de pragas urbanas como cupins e baratas.

5.3.9.2.8 *Produção de Alimentos*

O telhado verde pode ser utilizado para a horticultura, resultando em grandes benefícios de sustentabilidade, pois, aproxima o alimento de sua fonte de consumo, reduzindo gastos com combustível.

Um exemplo dessa prática é o telhado verde do Shopping Eldorado em São Paulo. Desde 2012 o shopping investe nessa prática. O projeto ajuda na redução da temperatura interna do shopping, além de reduzir o desperdício de água utilizada nos equipamentos de ar condicionado. A produção de alimentos é doada a funcionários do estabelecimento.

Figura 24 – Telhado verde do Shopping Eldorado em São Paulo



fonte: Shopping eldorado (2017)

5.3.9.2.9 *Valorização da edificação*

Ao amenizar as paisagens dos centros urbanos, o telhado verde é uma solução para criação de jardins onde antes não havia espaço. Isso cria uma aumento da qualidade de vida, aumentando o senso de comunidade entre as pessoas, além de conferir ao prédio um aumento no valor no caso de venda.

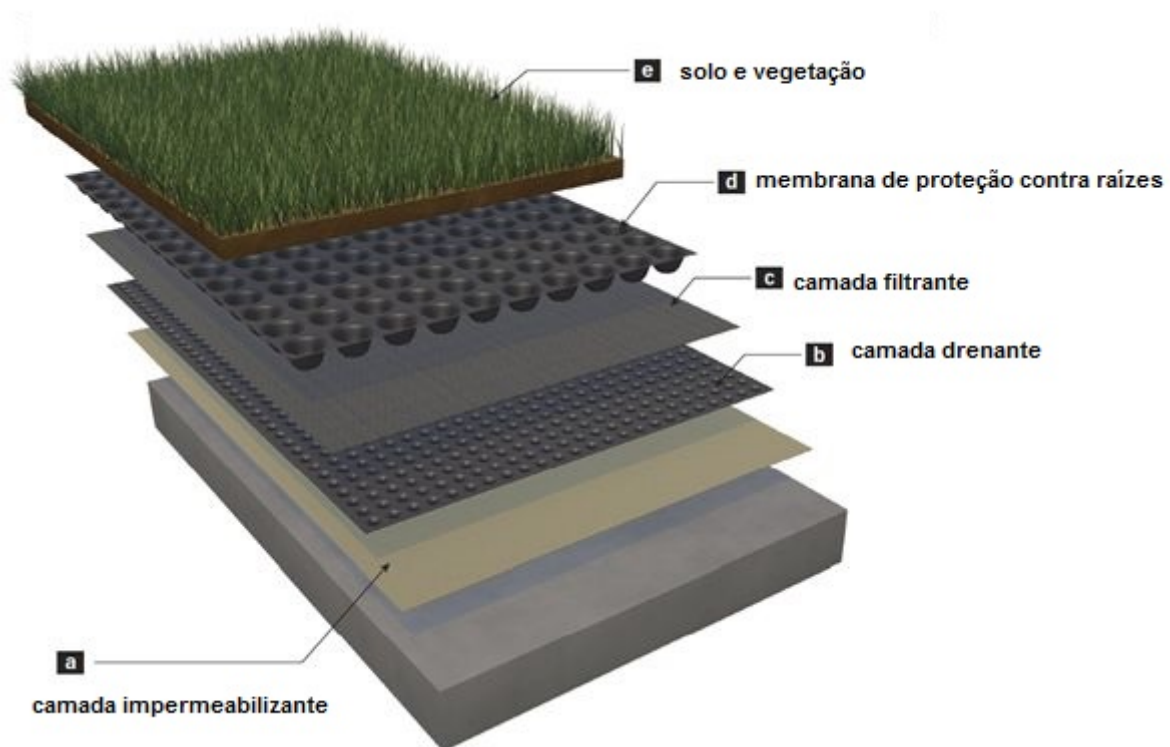
5.3.9.3 Desvantagens

Apesar de ser uma ótima ecotécnica, a maior desvantagem frente as lajes e telhados tradicionais é o seu custo. Em seu projeto e construção, ele necessita de uma mão de obra especializada para evitar problemas como vazamentos e infiltrações. Além disso, ele necessita de uma manutenção periódica para manter sua estrutura saudável.

5.3.9.4 Componentes

Embora os tipos de coberturas verdes possam se divergir, seus componentes, em geral obedecem essa ordem de montagem:

Figura 25 – Componentes de um telhado verde



fonte: Corsini (2011)

5.3.9.4.1 Camada impermeabilizante

Essa camada tem a função de proteger o telhado ou laje contra infiltrações, podendo ser usados materiais betuminosos ou sintéticos.

5.3.9.4.2 camada drenante

Tem a função de drenar a água da chuva como também funcionar como filtro separando os poluentes. Pode ser composta de argila expandida, brita, seixos ou mantas sintéticas

5.3.9.4.3 *camada filtrante*

Essa camada retém as partículas que seriam escoadas junto com a água da chuva. Pode ser feita com geotêxteis.

5.3.9.4.4 *membrana de proteção contra raízes*

Essa camada auxilia no controle de crescimento das raízes da vegetação. Ela pode ser feita de vários materiais, sendo os mais comuns o PVC e o betume.

5.3.9.4.5 *solo e vegetação*

Essa é a camada principal, pois é a camada que ficará visível. A escolha dessa camada vai depender de diversos fatores de projeto, tais como o peso que a estrutura da edificação pode suportar, objetivo da construção e quantidade de recursos financeiros disponíveis. Deve-se atentar ao clima do local, priorizando plantas regionais.

5.3.9.5 Tipos de telhado Verde

Segundo a International Green Roof Association (Igra), os telhados verdes podem ser divididos em três tipos: Extensivos, semi-intensivo e o intensivo. A escolha do seu modelo depende de inúmeros fatores tais como o peso que a laje ou o telhado suporta, o objetivo que quer ser alcançado com o projeto e a quantidade de tecnologia e recursos financeiros que serão utilizados na construção do mesmo.

5.3.9.5.1 *Telhado verde extensivo*

As coberturas extensivas são mais elementares e resistentes do que as coberturas intensivas. Elas possuem a configuração de um jardim, empregando plantas rasteiras e de pequeno porte, geralmente crescendo de maneira natural na mesma faixa onde o projeto é idealizado. Por conta disso, elas necessitam de menos manutenção. Sua estrutura, descontada a vegetação, varia entre 6 a 20 cm. O peso do conjunto varia de 60kg/m e 150 kg/m.

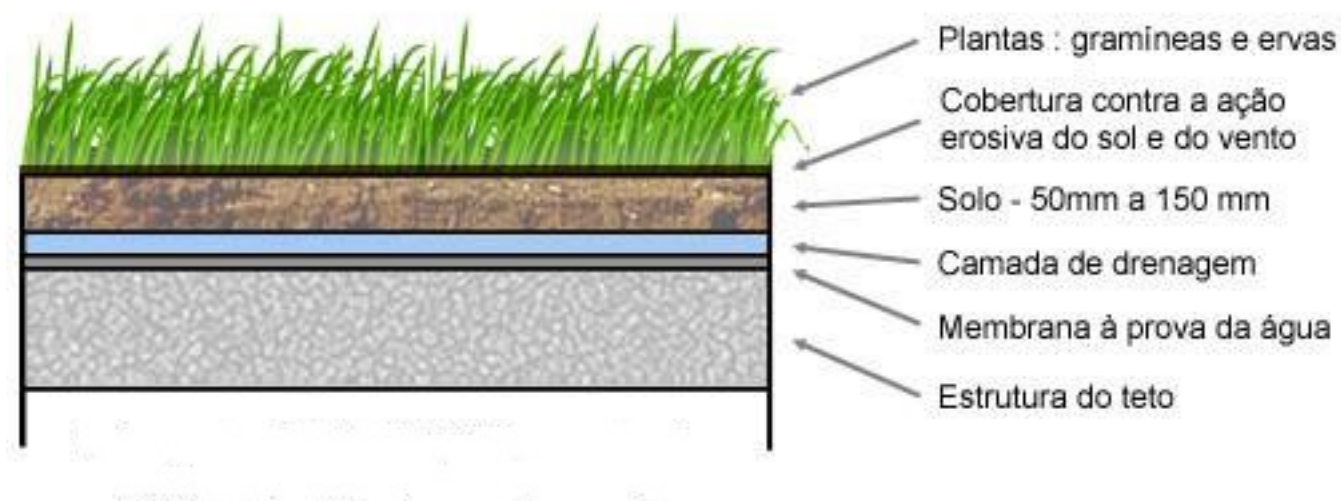
Esse é o projeto que acarreta num menor aporte econômico, além de transferir menor carga a estrutura e não suportar um plantio mais adensado, sendo designada, geralmente, a projetos cuja cobertura seja de difícil acesso.

Esse é o modelo com menores custos de construção e de manutenção, sendo indicada para áreas extensas no qual a vegetação se desenvolve automaticamente.

5.3.9.5.2 *Telhado verde intensivo*

O segundo modelo de telhado verde é o intensivo. Mais espesso que o extensivo, nessa modalidade o projeto comporta uma maior variedade de plantas, de nível grande em uma estrutura de 15 a 40 cm, com carga prevista variando entre 180 kg/m e 500 kg/m.

Figura 26 – Corte esquemático de um telhado verde extensivo



fonte: Auckland (1998)

Figura 27 – Exemplo de construção com telhado verde extensivo



fonte: Sinergia engenharia (2017)

Os telhados verdes intensivos necessitam de maiores cuidados por conta de suportar espécies de porte maior. Essas coberturas intensivas tem o solo mais profundo que as extensivas, necessitando de um cuidado na elaboração dos cálculos estruturais.

Além disso, sua manutenção e irrigação deve ocorrer de forma mais frequente que nas coberturas extensivas, por conta das podas e uso de fertilizantes na vegetação. Deve-se atentar em utilizar uma flora natural da região na composição do jardim.

Essa carga adicional na cobertura e esse cuidado maior com manutenção torna o projeto de telhado verde intensivo mais caro que o extensivo. Este tipo de construção é somente viável apenas em coberturas planas.

5.3.9.5.3 *Telhado verde semi-intensivo*

O telhado semi-intensivo ou misto é uma combinação dos telhados extensivos e intensivos. Dessa forma, a cobertura não fica uniforme. Nesse modelo a vegetação é de porte médio, cultivadas numa

Figura 28 – Exemplo de telhado verde intensivo - Edifício Morningstar Corporation - Empresa de investimentos localizada em Chigaco, EUA



fonte: Nunes (2015)

estrutura de 12 a 25 cm. Podendo operar com uma carga de 120 kg/m a 200 kg/m.

5.3.9.6 Manutenção e cuidados especiais

A frequência de manutenção é determinada pelo tipo de vegetação presente no telhado. Plantas que necessitam de pouca rega e poda, facilitam a preservação da cobertura. Pelo ângulo de inclinação do telhado ou laje é determinado a forma de drenagem do projeto e o tipo de impermeabilização que a estrutura deverá suportar.

Alguns cuidados devem ser tomados, como verificar se o sistema de calhas apresenta avarias como corrosão, a necessidade de adubação da espécie cultivada, retirada de plantas invasoras, entre outros.

6 RESULTADOS

Nesta seção será apresentado dois estudos de caso feito por pesquisadores do ramo. O primeiro sobre o conforto térmico proporcionado pelo telhado verde. O segundo sobre a análise econômica em trocar lâmpadas fluorescentes e halógenas por *LED*.

6.1 ESTUDO DE CASO SOBRE MELHORA CLIMÁTICA PROPORCIONADO PELO TELHADO VERDE

Segundo a tese de doutorado feita por Humberto Catuzzo, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da USP, a utilização do telhado verde é efetivo no melhoramento do microclima em regiões urbanas centrais.

Para o estudo em questão foram analisados dois prédios. O Edifício Matarazzo, sede da prefeitura de São Paulo, que possui telhado verde, situado entre a rua Dr. Falcão e o Viaduto do Chá e o Edifício Mercantil/Finasa, localizado na rua Líbero Badaró, que possui uma laje convencional de concreto. Os dois edifícios estão localizados no centro de São Paulo.

Figura 29 – Edifício Matarazzo



fonte: Romero (2015)

Foram selecionados esses dois edifícios, pois ambos se localizam no Vale do Anhangabaú, região central da cidade de São Paulo e estão passíveis de iguais pressão atmosférica e incidência solar.

Para o estudo em questão foram seguidas as normas internacionais de medição de umidade relativa do ar e temperatura. Foram colocados dois sensores na cobertura do telhado verde e um sensor na cobertura da laje do edifício Mercantil, estes sensores medem a temperatura e umidade do local.

As medições foram feitas de formas diárias, com novos registros a cada 10 minutos durante o período de 20 de março de 2012 até 31 de março de 2013, totalizando um ano e onze dias. Sendo que

Figura 30 – Edifício Mercantil/Finasa



fonte: SP Corporate (2017)

nessa região, temos uma altitude de aproximadamente 760 metros em relação ao nível do mar.

Figura 31 – Sensor 1 colocado na cobertura do edifício Matarazzo



fonte: Catuzzo (2013)

Após a coleta primária de dados por meio de gráficos e métodos estatísticos, foi comparada as variações de umidade do ar e de temperatura entre os dois prédios.

Foi constatado, segundo Humberto Catuzzo, que a cobertura verde do edifício Matarazzo absorveu grande parte da radiação solar, resultado numa menor emissão de calor para a atmosfera, melhorando a qualidade ambiental da região em questão.

Em dados concretos, os resultados apontaram que a sede da prefeitura de São Paulo chegou a ficar,

Figura 32 – Sensor 2 colocado na cobertura do edifício Matarazzo



fonte: Catuzzo (2013)

Figura 33 – Sensor 3 colocado na cobertura do edifício Mercantil



fonte: Catuzzo (2013)

em média, 5,3C mais frio que o edifício Mercantil/Finasa, já a umidade relativa do ar no edifício Matarazzo foi, em média, 15,7% maior nesse período.

A diferença das amplitudes térmicas entre os edifícios chegou a ser de 6,7C. Tal fato mostra que o edifício com telhado verde tarda a aquecer e a resfriar, resultando numa temperatura do ar mais constante. Além disso, o prédio da prefeitura perdeu menos umidade ao longo do dia que o prédio do Finasa, chegando a ter uma amplitude higrométrica 7,1% menor.

Em comparação com os dados oficiais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizado no Mirante de Santana, as diferenças de temperatura mais relevantes foi que o telhado verde ficou 3,2C mais frio e teve pico maiores de umidade em 21,7%.

Tais dados são bastante relevantes, pois mesmo localizado na região central, o edifício Matarazzo apresentou menor aquecimento e maior umidade relativa do ar comparada com o edifício Mercantil/Finasa e até mesmo com a estação do INMET.

6.2 ESTUDO DE CASO SOBRE LÂMPADAS LED

O estudo de caso em questão refere-se sobre a análise econômica da troca de lâmpadas halogêneas e fluorescentes por lâmpadas LED em uma loja da Greggs Plc, a maior rede de padarias do Reino Unido, rede alimentícia que possui mais de 1400 lojas no país.

O estabelecimento usa uma combinação de luminárias fluorescentes e halogêneas no teto e prateleiras. A proposta de projeto é que ao optar por ter todas as lâmpadas da loja em LED, haja uma redução dos custos com energia elétrica e manutenção, além de proporcionar benefícios secundários, como a redução da pegada ecológica.

Figura 34 – Iluminação com lâmpadas fluorescentes e halogêneas na Loja Greggs Plc



fonte: Zanatta (2012)

Devido o estudo de caso não fornecer os tipos lâmpadas utilizadas anteriormente, será proposto neste trabalho, soluções em LED propostas por Ivan X. Zanatta, pesquisador da UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina).

6.2.1 Análise econômica

Para a realização da análise econômica, foram utilizados os seguintes valores segundo Ivan X. Zanatta:

Figura 35 – Iluminação LED na Loja Greggs Plc



fonte: Zanatta (2012)

Lâmpada LuxSpace 19W. Valor: 113,63 reais

Lâmpada Halógena PAR20 50W. Valor: 17,95 reais

Lâmpada SpotLED 12W. Valor 67,16 reais

Lâmpada Halógena MV G9. Valor: 2,31 reais

Lâmpada eWProfile 20W. Valor: 51,52 reais

Lâmpada fluorescente 18W. Valor: 17,50 reais

Para os cálculos da energia elétrica foram utilizados os valores, segundo Celesc Distribuição SA, de R\$0,3986 /kWh.

Para os casos abaixo a coluna "Trocás" refere-se a quantidade de trocas necessárias para o período de 50000h no caso 1 e 2 e 48000h no caso 3.

Já a coluna "Preço Energia" refere-se ao custo da energia elétrica gerada pela lâmpada no período de 50000h no caso 1 e 2 e 48000h no caso 3.

E por fim, a coluna "Preço Manutenção" refere-se ao custo que é gasto ao trocar as lâmpadas para o período de 50000h no caso 1 e 2 e 48000h no caso 3.

6.2.1.1 Caso 1: Comparativo econômico entre LuxSpace e Halógena PAR20

Tabela 4 – LuxSpace x Halógena PAR20

Lâmpada	Int. Luminosa	Vida útil	Potência	Preço do produto	Trocás	Preço Energia	Preço manutenção
LuxSpace 19W	1000 lm	50000h	19W	R\$113,63	1	R\$378,67	R\$113,63
Halógena PAR 20	850lm	2000h	50W	R\$17,95	25	R\$996,50	R\$448,75

fonte: Zanatta (2012)

Percebe-se por essa tabela 4 que a Lampada em LED, apesar de ser mais cara, possui uma vida útil 25 vezes maior que a lampada halogena. Ou seja, para um prazo de 50000h gasta-se muita mais em manutenção com a lampada halogena (448,75 reais) do que a alternativa em LED (113,63 reais).

Já a conta de luz da loja passa a ser muito mais barata quando se troca a lâmpada halogena pela alternativa em LED como se pode perceber pela tabela acima.

6.2.1.2 Caso 2: Comparativo econômico entre SpotLED e Halógena MV G9

Tabela 5 – SpotLED x Halógena MV G9

Lâmpada	Int. Luminosa	Vida útil	Potência	Preço do produto	Trocas	Preço Energia	Preço manutenção
SpotLED 12W	260 lm	50000h	12W	R\$67,16	1	R\$239,16	R\$67,16
Halógena MV G9	300lm	2000h	40W	R\$2,31	25	R\$797,20	R\$57,75

fonte: Zanatta (2012)

Para o caso 2, a manutenção, para um período de 50000h, a alternativa em Led será um pouco mais caro que a alternativa halogena. Para esse período será necessária trocar apenas uma vez a lampada Led, gastando-se 67 reais em uma nova. Já a alternativa halogena será necessário fazer 25 trocas devido a vida útil do produto (2000h), gastando-se, com isso, 57,75 reais.

6.2.1.3 Caso 3: Comparativo econômico entre eWProfile 20W e Fluorescente 18W

Tabela 6 – eWProfile 20W x Fluorescente 18W

Lâmpada	Int. Luminosa	Vida útil	Potência	Preço do produto	Trocas	Preço Energia	Preço manutenção
eWProfile 20W	1042 lm	48000h	20W	R\$51,52	1	R\$382,65	R\$51,52
Fluorescente 18W	1200 lm	15000h	18W	R\$17,50	3	R\$344,39	R\$52,50

fonte: Zanatta (2012)

Para o caso 3, a alternativa em LED possui uma vida util de 48000h horas enquanto a lâmpada fluorescente possui uma vida util de 15000h, ou seja, para um período de 48000h será necessário fazer aproximadamente 3 trocas da lâmpada fluorescente, totalizando um custo de manutenção de 52,50 reais. Esse preço se equivale ao custo da lâmpada Led (51,52 reais).

Do ponto de vista econômico houve um custo maior da instalação das soluções em *LED* em todos casos apresentados. Porém, vale ressaltar que o *LED* trouxe benefícios, como a ampla redução do consumo de energia elétrica nos casos 1 e 2. Além disso, as soluções em *LED* não produzem tanto calor comparado com as soluções tradicionais, fazendo com que haja uma diminuição dos gastos com refrigeração do ambiente.

Para o caso 3, não houve vantagens no consumo de energia nem nos gastos com manutenção. Porém vale ressaltar que o *LED* é uma tecnologia mais segura, não apresentando substâncias tóxicas a saúde em sua composição.

7 DISCUSSÃO

O melhoramento da qualidade ambiental e redução da pegada ecológica é um dos maiores desafios hoje para o Engenheiro Civil. Deve-se pensar cada vez mais no papel desse profissional no mundo como agente de preservação do meio ambiente e na melhoria da qualidade ambiental das construções.

Existem inúmeras ecotécnicas que podem ser usadas para reformular o modo como se é construído hoje, buscando sempre reduzir o uso de materiais com grande impacto ambiental e diminuindo os resíduos das obras, tendo como objetivo a diminuição de perdas e, sendo assim, optar pela reutilização dos mesmos.

Além disso, ao realizar um projeto é necessário atentar-se ao uso de recursos naturais, tais como: água e vento. Muitas dessas ecotécnicas geram uma melhora climática e acústica, além, claro, de possuir uma segurança maior frente aos métodos tradicionais.

Entretanto, os maiores empecilhos no emprego dessas ecotécnicas são o fator econômico e a falta de normas próprias para essas tecnologias, conseqüentemente, ocorre a escassez de mão de obra qualificada para a realização tais projetos. Ocasionalmente assim uma pequena demanda por escolher as mencionadas soluções. Caberia ao governo brasileiro criar incentivos fiscais e financeiros para as construções que utilizam esse tipo de tecnologia, como é o caso de países Europeus, tal como a Alemanha, que segundo ARAUJO, em 2001, tinha cerca de 14% de seus telhados com a tecnologia do telhado verde. Já no Brasil esse número chega a ser menor que 1%.

8 CONCLUSÃO

Visto que a construção civil é considerada a atividade humana que mais impacta no meio ambiente, deve-se ter em mente que é de vital importância que cada vez mais se utilize novas tecnologias na busca da minimização dos danos ambientais. De acordo com o presente estudo, existem diversas técnicas construtivas com o intuito de diminuir essa pegada ecológica através do aproveitamento dos recursos naturais, como um exemplo temos o caso da ventilação natural, pode-se também citar o reuso das águas cinzas e da água de chuva. Por optar por construções menos poluídas, temos a opção da utilização do tijolo ecológico e telhado verde. Buscando um menor consumo de energia, pode-se optar pelas lâmpadas *LED* ou painéis fotovoltaicos. Por uma melhora na segurança e acústica do ambiente faz-se a utilização da lã de rocha. Por construir de forma mais organizada com menos descarte inadequado de materiais temos a opção de fazer a gestão de resíduos sólidos na construção civil.

Além disso, existem inúmeras outras ecotécnicas presentes na construção civil, sendo papel do engenheiro pesquisar e implantar soluções seguras que produzam menores danos ao meio ambiente. É devido à isso, que a formação desses profissionais tenham como pilares a formação crítica e reflexiva, sendo ele capacitado a atuar de forma a resolver os problemas considerando os aspectos sociais, culturais, ambientais e econômicos de maneira crítica e criativa no exercício de sua função.

A responsabilidade ambiental desse profissional não é somente um diferencial, mas sim um requisito devido a reivindicação cada vez maior da sociedade por utilizar materiais e soluções que agride menos o meio ambiente. Pois um ambiente que utiliza ecotécnicas sustentáveis, produz menos poluentes e consome menos energia, proporcionando um ambiente com uma pegada ecológica menor.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, S. R. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos**, Seropédica, Rio de Janeiro, 2004. p.5.
- ARMEC. **Resfriamento evaporativo**. Disponível em <<http://www.armec.com.br/climatizacao-comofunciona.html>> Acesso em: 09 nov. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos: classificação, Rio de Janeiro, 2007.
- AZEVEDO, G.O.D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L.R.S. **Resíduos da construção civil em Salvador**: os caminhos para uma gestão sustentável. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. p. 65-72.
- CATUZZO, H. **Telhado verde**: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo, 2013. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-18122013-123812/pt-br.php>>. Acesso em: 4 set. 2017
- CORSINI, R. **Soluções para reuso de águas cinzas**. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/21/solucoes-tecnicas-saiba-como-funcionam-os-sistemas-de-tratamento-273285-1.aspx>> Acesso em: 01 nov. 2017.
- CORSINI, R. **Telhado verde**. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/1-telhado-verde-cobertura-de-edificacoes-com-vegetacao-requer-260593-1.aspx>> Acesso em: 03 Out 2017.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução 307: Gestão de Resíduos e Produtos Perigosos**. 2002
- DIAS, V. **Telhado verde reduz temperatura e aumenta umidade**. Disponível em: <<http://www.usp.br/agen/?p=162345>> Acesso em: 02 Nov. 2017.
- DICAS ARQUITETURA. **Os jardins suspensos da Babilônia**. Disponível em: <<http://dicasarquitetura.com.br/os-jardins-suspensos-da-babilonia/>> Acesso em: 01 Nov. 2017.
- DUDZEVICH, A. **Sistema de aproveitamento de água de chuva**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/148/artigo286613-1.aspx>> Acesso em: 31 Out. 2017.

- FIGUEROLA, V. A. **Sistema de aproveitamento de água de chuva** Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/85/artigo286284-1.aspx>> Acesso em: 16 Ago. 2017.
- GRATIA, E.; DE HERDE, A. Is day natural ventilation still possible in office buildings? **Building and Environment**, v.39, p.399-409, 2004.
- GREEN ROOFS. **Frankfurt International Airport (FRA)**. Disponível em: <<http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=86>> Acesso em: 21 Nov 2017.
- IAR UNICAMP.**LED: O que é, e como funciona**. Disponível em: <<https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>> Acesso em: 14 Out. 2017.
- ICF CONSTRUTORA. **Painel solar fotovoltaico**. Disponível em: <<http://www.icfconstrutora.com.br/diferenciais/painelsolar-fotovoltaico>> Acesso em: 15 Out. 2017
- ISOLINE. **Lã de vidro e lã de rocha, diferenças, uso e aplicações**. Disponível em: <<https://www.isoline.com.br/la-de-vidro-e-la-de-rocha-diferencas-uso-e-aplicacoes/>> Acesso em: 5 Nov. 2017.
- ISOLINE. **Lã de vidro e lã de rocha: diferenças, uso e aplicações**. Disponível em: <<https://www.isoline.com.br/la-de-vidro-e-la-de-rocha-diferencas-uso-e-aplicacoes/>> Acesso em: 28 Ago. 2017.
- JORNAL DO OESTE. **Tipos de caçamba**. Disponível em: <<https://www.jornaldooste.com.br/noticia/santa-helena-organiza-recolha-de-entulhos-paramanter-a-cidade-limpa>> Acesso em: 03 Nov. 2017.
- LED AQUI. **Dicas iluminação led**. Disponível em: <<http://led-aqui.blogspot.com.br/2014/11/dicas-de-iluminacao-de-ambientes.html>> Acesso em: 04 Nov. 2017
- LIMA, R.S., LIMA, R.R.R., **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. Curitiba: CREA-PR, 2009.
- LITER. **Tratamentos água cinza**. Disponível em: <<https://liter.com.br/tratamento-e-reuso-de-agua-cinza/>> Acesso em: 05 Nov. 2017.
- LUMILANDIA. **Lâmpada LED**. Disponível em: <<http://www.lumilandia.com.br/lampadas/lampada.htm>> Acesso em: 04 Nov. 2017.
- MUNDIAL LOG. **Big bags**. Disponível em: <<http://www.mundiallog.com.br/comprar-big-bag>> Acesso em: 04 Nov. 2017.
- NERY, J. **O muro de Berlim**. Disponível em: <<https://umpouquinhodecadalugar.com/2012/10/21/o-muro-de-berlim/>> Acesso em: 11 Nov. 2017.

NUNES, C. **A importância da ventilação natural para arquitetura bioclimática**. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/dicas/importancia-da-ventilacao-natural-para-arquitetura-sustentavel/>> Acesso em: 01 Nov. 2017.

NUNES, C. **Seis exemplos de telhados verdes em Chicago**. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/urbanismo-paisagismo/6-exemplos-de-telhados-verdes-em-chicago/>> Acesso em: 01 Nov. 2017.

OLIVEIRA, L. H. et al. **Levantamento do estado da arte: água**. Projeto tecnologia para construção habitacional mais sustentável. Disponível em: <<http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/>> Acesso em: 15 Set. 2017.

OSRAM, **Manual luminotécnico prático**. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/>> Acesso em: 5 Out. 2017.

PECORIELLO, L. A., **Recomendações práticas para uso do tijolo furado de solo-cimento na produção de alvenaria**, 2003.

PHILIPUS, J. **Edifícios com torres de vento em Dubai**. Disponível em: <<https://br.depositphotos.com/7670992/stock-photo-building-with-traditional-arabic-wind.html>> Acesso em: 07 Nov. 2017.

PINTEREST. **Reichstag**. Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/564146290803442119/?lp=true>> Acesso em: 10 Nov 2017.

PINTEREST. **Telhado verde**. Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/703756169873300/>> Acesso em: 10 Nov 2017.

PINTO, T.P.; GONZÁLES, J.L.R. **Manejo e gestão dos resíduos da construção civil**: manual de orientação: como implementar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília, 2005. v.1

PLANALTO. **Palácio do Planalto**. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/presidencia/palacios-e-residencias-oficiais>> Acesso em: 09 Nov 2017.

POZZEMBOM, R. **O que são os painéis solares?**. Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/artigo/ciencia/o-que-sao-os-paineis-solares>> Acesso em: 5 Nov. 2017.

PROACUSTIC. **Fibria: grupo Votorantim**. Disponível em: < *http* : <[//www.proacustic.com.br/pro_ealizacao_fibria.htm](http://www.proacustic.com.br/pro_ealizacao_fibria.htm) > Acesso em : 5 Nov.2017.

RATTNER, H. Abordagem sistêmica, interdisciplinaridade e desenvolvimento sustentável. **Revista Espaço Acadêmico**, jan. 2006. Disponível em: < *http* : <[//www.espacoacademico.com.br/056/56rattner.htm](http://www.espacoacademico.com.br/056/56rattner.htm) > Acesso em : 20 Ago.2017.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 448 de 18 de janeiro de 2012:** altera os artigos. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília: Diário Oficial da União, 2002.

ROMERO. **Telhado verde construído no edifício Matarazzo.** Disponível em <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/10/haddad-propoe-desconto-de-ate-12-no-iptu-de-predios-sustentaveis.html>> Acesso em: 11 Set. 2017

SAUTCHUK, C. et al. **Conservação e reuso da água em edificações.** Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Destaque/docs/d307-ReusoH2O.pdf>> Acesso em: 14 Set. 2017.

SAUTCHUK, C. et al. **Conservação e reuso da água em edificações.** Disponível em <<http://www.ana.gov.br/Destaque/docs/d307-ReusoH2O.pdf>> Acesso em: 13 Set. 2017.

SEGANTINI, A. A. S. **Tijolos de solo-cimento com resíduos de construção.** Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/113/artigo285544.aspx>> Acesso em: 15 Ago. 2017.

SHOPPING ELDORADO. **Telhado verde.** Disponível em: <<http://www.shoppingeldorado.com.br/card/telhado-verde>> Acesso em: 31 Out. 2017.

SINERGIA ENGENHARIA. **Telhados verdes, benefícios econômicos e ambientais.** Disponível em: <<http://www.sinergiaengenharia.com.br/telhados-verdes-beneficios-economicos-e-ambientais/>> Acesso em: 14 Out 2017

SOUZA, U. et al. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente construído**, p. 33-46, 2004.

SOUZA, P.C.M., **Gestão de resíduos da construção civil em canteiros de obras de edifícios multipiso na cidade do Recife/PE.** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2004. p.147.

SP CORPORATE. **Mercantil Finasa.** Disponível em: <<http://www.spcorporate.com.br/empreendimentos/sao-paulo/centro/mercantil-finasa-245>> Acesso em: 09 Ago. 2017

SUA OBRA. **Quais as vantagens e desvantagens de se usar o tijolo ecológico em sua construção.** Disponível em: <<https://suaobra.com.br/dicas/levantamento-obra/quais-as-vantagens-e-desvantagens-de-se-usar-o-tijolo-ecologico-em-sua-construcao>> Acesso em: 15 de Set. 2017

ZANATTA, I. X., **Estudo da viabilidade econômica da troca de soluções convencionais por lâmpadas LEDs.** Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/sergiovgog>> Acesso em: 05 Nov. 2017.