



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**POSSIBILIDADE DE ADAPTAÇÃO DO GINÁSIO ESPORTIVO DO CAMPUS I
DO CEFET-MG À CONCEPÇÃO DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS.**

Patric Henrik Machado Gregório

Belo Horizonte

2020

Patric Henrik Machado Gregório

**POSSIBILIDADE DE ADAPTAÇÃO DO GINÁSIO ESPORTIVO DO CAMPUS I
DO CEFET-MG À CONCEPÇÃO DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Peixoto Amaral

Belo Horizonte

2020



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL - NS**



ATA N 18 / 2020 - DCTA (11.55.03)

N do Protocolo: 23062.033069/2020-42

Belo Horizonte-MG, 04 de dezembro de 2020.

FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC

PATRIC HENRIK MACHADO GREGÓRIO

**POSSIBILIDADES DE ADAPTAÇÃO DO GINÁSIO ESPORTIVO DO CAMPUS I DO
CEFET/-MG À CONCEPÇÃO DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 18 de novembro de 2020.

Banca examinadora:

Luciana Peixoto Amaral

Profa. Dra. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Orientadora

Lilia Maria de Oliveira

Profa. Dra. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Vandeir Robson da Silva Matias

Prof. Dr. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **18**, ano: **2020**, tipo: **ATA**, data de emissão: **04/12/2020** e o código de verificação: **f6fce295db**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL - NS**



ATA N 18 / 2020 - DCTA (11.55.03)

N do Protocolo: 23062.033069/2020-42

Belo Horizonte-MG, 04 de dezembro de 2020.

(Assinado digitalmente em 07/12/2020 07:22)

LILIA MARIA DE OLIVEIRA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matricula: 1815815

(Assinado digitalmente em 04/12/2020 23:41)

LUCIANA PEIXOTO AMARAL
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matricula: 1808233

(Assinado digitalmente em 05/12/2020 09:49)

VANDEIR ROBSON DA SILVA MATIAS
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matricula: 1565121

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 18, ano: 2020, tipo: ATA, data de emissão: 04/12/2020 e o código de verificação: f6fce295db

AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer a Deus por, ao longo deste processo complicado e desgastante, me ter feito ver o caminho, nos momentos em que pensei em desistir. Não posso deixar de agradecer ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais pela oportunidade e ter propiciado a estrutura necessária para que pudesse crescer academicamente e pessoalmente, pois sem ele não teria conseguido este objetivo tão jovem.

Aos meus pais, eu devo a vida e todas as oportunidades que nela tive e que espero um dia poder lhes retribuir. Agradeço ainda aos familiares que ao longo desta etapa me encorajaram e me apoiaram.

Aos professores do DCTA que contribuíram com minha formação profissional eu agradeço a orientação incansável, o empenho e a confiança que ajudaram a tornar possível este sonho tão especial, principalmente a Prof^a Adriana pelo direcionamento na carreira e me mostrar os caminhos que desejo atuar profissionalmente, e ao Prof^o Daniel pelo forte auxílio nas tarefas administrativas. À minha orientadora Luciana Peixoto um agradecimento infinito pela paciência e orientações que me proporcionaram encontrar o meu caminho.

Agradeço aos meus amigos por estarem sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis, e a minha querida Maria Clara pelo apoio incondicional e o companheirismo de sempre, bem como no seu amor que me deu forças para sempre continuar nesta caminhada.

Aos colegas e amigos que adquiri ao longo do meu estágio no Grupo AVG pela confiança, e pelas orientações da minha gerente Caroline que me proporcionaram o estágio supervisionado no qual pude aprender e desenvolver diversas habilidades profissionais na área. Finalmente, agradeço a todos que direta ou indiretamente participaram minimamente deste sonho de realizar-me engenheiro.

“Nossa tarefa deveria ser nos libertarmos... aumentando o nosso círculo de compaixão para envolver todas as criaturas viventes, toda a natureza e sua beleza. ”

Albert Einstein

RESUMO

MACHADO, Patric Henrik. **Possibilidade de Adaptação do Ginásio Esportivo do Campus I do CEFET-MG À Concepção De Construções Sustentáveis**. 2020. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

Os impactos ambientais gerados por uma edificação ao longo do seu ciclo de vida são significativos e a aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável é essencial para mitigação desses impactos. A sustentabilidade, na construção civil, busca aumentar a eficiência do uso de recursos, a eficiência energética, a harmonização ambiental e a prevenção da poluição. Diante à necessidade em mitigar os impactos ambientais na construção civil, o objetivo geral deste trabalho é a proposição do uso de materiais e tecnologias sustentáveis integrados no projeto do ginásio esportivo do campus I do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG). Inicialmente foi realizada a caracterização do ginásio esportivo do campus I, do CEFET/MG com levantamento das características da edificação, bem como dos potenciais usos de água e energia, em seguida, realizou-se a análise e proposição de medidas sustentáveis à área de estudo. Primeiramente foi proposto o aproveitamento de água de chuva e para a otimização do projeto foram comparados cenários diferentes de demandas e locais de captação de água. O melhor cenário foi o projeto de captação por meio de uma das duas áreas do telhado principal, atendimento ao cenário C, de captação para irrigação de jardins e uso nas bacias sanitárias. O projeto teve viabilidade técnica com 100% de atendimento nos meses de outubro a março, com custo aproximado de R\$ 11386,68. Em seguida foi analisado a possibilidade de aquecimento solar para as duchas da edificação de estudo prevendo cerca de 320 banhos diários, o projeto teve viabilidade técnica para ser executado na área e um custo aproximado de R\$58610,32, sendo que o volume de água a ser armazenado de 7000L. Em relação ao conforto térmico, foram avaliadas alternativas para minimizar a sensação de desconforto aos usuários da edificação. Embora a edificação conte com ventiladores naturais e tijolos furados para exaustão e circulação do ar dentro da edificação, a mesma poderia ser revestida com mistura isolante de cortiça e borracha, sendo uma alternativa ao Isopor® que é um elemento comumente utilizado no isolamento termoacústico. Além disso, foi proposto a substituição da telha de

fibrocimento por telhas termoacústicas de poliisocianurato. A telha termoacústica proporcionou uma redução da temperatura externa para a interna em torno de 18%. Dispositivos economizadores de água como o pulverizador, que transforma o jato de água em um feixe de pequenos jatos deve ser instalado nas torneiras, reduzindo a vazão, e para as bacias sanitárias, o dispositivo conhecido como “duo- flush” deve ser instalado para é utilizado para possibilitar o acionamento seletivo da válvula de descarga. Portanto, foi possível aplicar diversas tecnologias para a área de estudo, melhorando seu desempenho ambiental.

Palavras chave: Construção sustentável. Aproveitamento de água de chuva. Aquecimento solar. Conforto térmico.

ABSTRACT

MACHADO, Patric Henrik. **Possibility of adapting the sports gymnasium on campus I of CEFET-MG to the design of sustainable buildings..** 2020. Monograph (Graduation in Environmental and Sanitary Engineering) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

The environment impacts generate by an edification during your life cycle are significant and an application of beginning of sustainable development is essential for mitigation that impacts. The sustainable in construction search was the efficiency the use of resources, the efficiency energetic, the environment harmonization and the caution of pollution. Facing the need to mitigate the environment impacts in construction the general objective of this work is the proposition of the use of integrated sustainable materials and Technologies at Project of sporting gymnasium of campus I, of Federal Center of Technological Education of Minas Gerais (CEFET/MG). Initially, the CEFET/MG campus I sports gymnasium was characterized with survey of characteristics of edification as well as the potential uses of water and energy, next, the analysis and proposal of sustainable measures to the study area was carried out. First the rainwater use was proposed and for the optimization of the project different scenarios of demands and water catchment locations were compared. The best scenario was the capture project through one of the two areas of the main roof, serving scenario C, capture for garden irrigation and use in sanitary basins. The Project was technical viability with 100% of attendance in months October and March at a cost of approximately R\$ 11386.86. Then was analyzed the possibility of solar heating for the showers of the study building foreseeing about 320 daily baths, the project had technical feasibility to be executed in the area and a cost of approximately R\$58610.32, and the volume of water to be stored is 7000L. Regarding thermal comfort, alternatives were evaluated to minimize the feeling of discomfort to the users of the building. Although the building counts on natural ventilators and perforated bricks for exhaustion and air circulation inside the building, it could be covered with an insulating mixture of cork and rubber, being an alternative to Isopor® which is an element commonly used in thermal acoustic insulation. In addition, it was proposed to

replace the fiber cement tile with polyisocyanurate thermal acoustic tiles. The thermo acoustic tile has provided a reduction of the external temperature to the internal around 18%. Water saving devices such as the sprayer, which turns the water jet into a bundle of small jets must be installed on the taps, reducing the flow, and for the toilets, the device known as duo-flush must be installed to be used to enable the selective activation of the discharge valve.

Keywords: Sustainable construction. Use of rainwater. Solar heating. Thermal comfort.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivos Específicos.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Desenvolvimento Sustentável	16
3.2	Aspetos Legais.....	17
3.3	Construções Sustentáveis	22
3.3.1	Construção Sustentável Em Obras Públicas.....	28
3.4	Tecnologias De Construções Sustentáveis	29
3.4.1	Tecnologias Para Minimizar O Impacto Sobre A Água	32
3.4.1.1	<i>Aproveitamento De Água De Chuva</i>	36
3.4.2	Tecnologias Para Minimizar O Impacto Sobre O Gasto Energético.....	45
3.4.2.1	<i>Estruturas Do Sistema De Aquecimento Solar</i>	48
3.4.4	Tecnologias Para Melhorar O Conforto Térmico Nas Edificações	50
4	MATERIAIS E MÉTODOS	54
4.1	Área De Estudo: Ginásio Esportivo Do Campus I do CEFET/MG.....	56
4.1.1	Caracterização Da Área De Estudo	57
4.2	Levantamento Dos Pontos De Consumo De Água.....	60
4.3	Dimensionamento Do Sistema De Aproveitamento De Água Pluvial.....	60
4.4	Dimensionamento Do Aproveitamento De Energia Solar	61
4.5	Conforto Térmico	64
4.5	Proposição De Medidas E Análise Critica.....	64

5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
5.1	Caracterização Da Área De Estudo	64
5.2	Aproveitamento De Água De Chuva.....	69
5.3	Aquecimento Solar	81
5.4	Conforto Térmico	83
5.5	Tecnologias Aplicáveis A Edificação	84
6	CONCLUSÕES.....	88
7	RECOMENDAÇÕES	89
8	REFERÊNCIAS	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quadro das tecnologias sustentáveis aplicáveis em cada fase da obra.	31
Figura 2 - Quadro dos tipos e principais características dos dispositivos economizadores.	34
Figura 3 – Componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva.	37
Figura 4 – Sistema de descarte das primeiras chuvas (<i>first flush</i>).....	38
Figura 5 – Quadro do Coeficiente de Runoff para os tipos de telhados.....	39
Figura 6 - Indicação para o cálculo da área de contribuição em superfície inclinada.	40
Figura 7 – Quadro dos parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	44
Figura 8 – Quadro da frequência de manutenção dos dispositivos.	45
Figura 9 - Sistema de aquecimento solar (SAS).....	48
Figura 10 - Esquema de sistema de aquecimento solar de água.....	50
Figura 11 - Localização do ginásio esportivo do campus I do CEFET-MG.	56
Figura 12 – Quadro dos parâmetros, elementos e método de dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva na área de estudo.	61
Figura 13 - Visão geral do ginásio do CEFET-MG.....	65
Figura 14 - Ginásio secundário do CEFET-MG.....	66
Figura 15 - Sistema de cobertura do ginásio do CEFET-MG.	67
Figura 16 - Sistema de drenagem atual do ginásio.....	68
Figura 17 - Quadro dos usos de recursos hídricos no ginásio do CEFET/MG.	69
Figura 18 – Cálculo da área de captação.	69
Figura 19 – Corte da área de cobertura do ginásio secundário do CEFET/MG.....	70
Figura 20 – Corte da área de cobertura do ginásio principal do CEFET/MG.	71
Figura 21 - Quadro de intensidade pluviométrica (mm/h) para período de retorno (T) em anos.....	71
Figura 22 – Dimensões da calha quadrada vendida pelas calhas Kennedy.....	73
Figura 23 – Quadro com o dimensionamento dos condutos verticais.	74
Figura 24 - Locais de instalação de torneiras	75
Figura 25 – Detalhe do local de instalação da caixa de água proposto.	77
Figura 26 – Exemplo de pulverizador	85
Figura 27 - Instalação de restritor no chuveiro.....	85
Figura 28 - Funcionamento do sistema“duo- flush”	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cálculo da vazão para o dimensionamento dos condutos verticais e horizontais	72
Tabela 2 - Estimativa semanal de água para irrigação de jardins.....	74
Tabela 3 – Valores das áreas de jardins (cenário A).	75
Tabela 4 – Parâmetros utilizados para a estimada da demanda de água da chuva para o cenário B.....	76
Tabela 5 - Demanda atendida e volume do reservatório para o cenário C, considerando captação da área A1:.....	78
Tabela 6 - Demanda atendida e volume do reservatório para o cenário C, considerando captação da área A2:.....	78
Tabela 7 - Demanda atendida e volume do reservatório para o cenário C, considerando captação da área A3:.....	79
Tabela 8 – Custos de instalação do sistema de aproveitamento de água de chuva	80
Tabela 9 - Consumo de pontos de utilização de água quente.....	81
Tabela 10 - Valores considerados e volume de consumo de água quente.....	82
Tabela 11 - Custos do projeto de aproveitamento solar para as duchas.	82

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- A3P - Agenda Ambiental da Administração Pública
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANA - Agência Nacional de Águas
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
- ASBE - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
- CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
- CEFET-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
- CIB - International Council for Research and Innovation Building and Construction
- CISAP - Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública
- CNJ - Conselho Nacional de Justiça
- COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- DCTA - Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental
- FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais
- FEBRABAN - Federação Brasileira de Bancos – Febraban
- IES - Instituições de Ensino Superior
- LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
- MMA - Ministério do Meio Ambiente
- MPOG - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
- ONU - Organização das Nações Unidas
- PGRCC - Programa de Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil
- PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.
- PLS - Planos de Gestão de Logística Sustentável
- SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
- SLTI - Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação
- UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
- WCED - World Commission on Environment and Development

1 INTRODUÇÃO

Os diversos impactos ambientais gerados por uma edificação ao longo do seu ciclo de vida possuem significância para o meio ambiente e, dessa forma, é fundamental o aprimoramento dos modelos de gestão, buscando adaptar-se aos princípios do desenvolvimento sustentável na sociedade contemporânea (BARBIERI et al., 2010).

As práticas de construções sustentáveis podem mitigar os impactos ambientais gerados pela edificação. A implantação, em órgãos públicos, de programas socioambientais com práticas sustentáveis é um campo em desenvolvimento, pelo fato de que tais medidas têm influência positiva no orçamento dessas instituições, uma vez que as transformações provocadas no âmbito comportamental evitarão desperdícios, e, por conseguinte, reduzirão os custos associados (CAVALCANTI, 2012).

Neste contexto, as instituições de ensino de forma geral possuem papel essencial para a sociedade, devido à capacidade de formação de pensamento e opinião. Sendo assim, podem potencializar a criação e a difusão de um pensamento sustentável pelos indivíduos. Apesar de diversos estudos reportados na literatura, ainda existem numerosos desafios relacionados com a gestão operacional dessas instituições que precisam ser superados para a inclusão de princípios mais sustentáveis (FAUSTINO e AMADOR, 2016).

Para Federação Brasileira de Bancos (Febraban) (2010), os principais impactos ambientais causados pelas atividades da construção civil são as emissões de poluentes atmosféricos, a geração de resíduos sólidos e o consumo de água e energia. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), construção sustentável é:

Um conceito que denomina um conjunto de medidas adotadas durante todas as etapas da obra que visam à sustentabilidade da edificação. Através da adoção dessas medidas é possível minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente, além de promover a economia dos recursos naturais e a melhoria na qualidade de vida dos seus ocupantes. Na administração pública, poucas foram as edificações projetadas de maneira sustentável. Porém, mesmo em um prédio já construído, é possível adotar medidas que visem à eficiência dos recursos naturais (BRASIL, 2013).

A sustentabilidade na construção civil, ou construções sustentáveis, busca aumentar a eficiência do uso de recursos, a eficiência energética, a harmonização ambiental e a prevenção da poluição (MEDEIROS et al., 2012). A integração dos conceitos de construções

sustentáveis às edificações de instituições de ensino permitiria a inserção de discussões e dissipação de ideias, incentivando a adoção de iniciativas sustentáveis em diversas esferas da construção civil. Tais medidas visam mitigar os impactos, visto que a construção civil, por sua vez, é responsável por quase metade do consumo dos recursos naturais, da energia e emissões de poluentes (CONSENTINO, 2016). Essas ações se resumem na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído (CAMPOS, 2017).

As tecnologias sustentáveis geram, portanto, ganhos na economia de recursos naturais, reduzindo o consumo de água e energia da edificação (RODRIGUES *et al.*, 2017). Dessa forma, ela reduz os impactos gerados na utilização da infraestrutura urbana, com a redução dos insumos relacionados ao abastecimento de água e à geração de energia elétrica.

A utilização da água da chuva, por exemplo, se apresenta como uma solução para a preservação do meio ambiente e a redução da escassez do recurso hídrico. Além disso, minimiza a ocorrência de enchentes e inundações nos grandes centros urbanos, devido ao seu não lançamento no sistema de drenagem (SOUZA, 2016). Diversos autores relataram ganhos econômicos com o este aproveitamento da água de chuva.

É possível uma economia de 45 % de água potável com a substituição da mesma pela água pluvial em uma instituição de ensino localizada em Florianópolis (SOUZA, 2016). Em estudo feito por Lima, Nunes e Silva (2017) em uma escola do Recife, a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial foi analisada e o custo da implantação foi de R\$ 38.715,48, com economia de água potável de cerca de 60 % e o retorno do investimento em até 6 anos.

Em termos dos benefícios ambientais, projetos que utilizam a energia solar contribuem de maneira satisfatória para a redução das emissões de CO₂, além de apresentarem vantagens, tais como: espaço pequeno para instalação, baixo impacto ambiental e capacidade de renovação, por se tratar de uma fonte de energia inesgotável (BERNS, 2018).

Numa instituição de ensino com a necessidade de apenas 85 banhos por mês (2295 kWh/mês), com um custo mensal de R\$ 1028,16, foi analisado um projeto de aproveitamento de aquecimento solar para os chuveiros. Após a instalação do sistema proposto, uma

economia de cerca de 80% foi esperada, com um custo total da implantação do sistema de aquecimento solar de cerca de R\$ 27500,00 (MACEDO,2010)

Como pode ser observado acima, os ganhos ambientais da aplicação dos princípios de construção sustentável, bem como a redução do consumo, dependem das características de cada sistema. O primeiro grande marco da construção sustentável no mundo, também chamada de *Green Building*, foi a Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) em 1976 no Canadá, chamada de Habitat I, onde foram reconhecidas e discutidas as consequências da urbanização rápida. A partir do século XXI se iniciou o processo dos agentes de certificação, onde foram definidos selos para certificar projetos de caráter sustentável e, assim, oferecer até mesmo certa vantagem competitiva no mercado (MALHEIROS et al., 2008).

Em 2012, durante a Rio+20, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) publicou um estudo sob título Agenda 21 Brasileira – Avaliação e Resultados (MMA, 2012), contendo um balanço geral dos programas federais relacionados às diversas temáticas da Agenda 21 Brasileira. Esse documento destaca os desafios para o setor da construção, e os objetivos de redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído.

A sustentabilidade vem sendo parâmetro obrigatório nas contratações de obras públicas, fundamentados na Constituição Federal, na Lei de Licitações Públicas, na Lei de Responsabilidade Fiscal e em normas técnicas. As licitações expedidas para as obras públicas buscam empresas que diminuem os impactos sobre os materiais usados nessas construções (TEIXEIRA, 2018).

Dessa forma, este estudo pode subsidiar essas licitações e suas exigências, na medida em que propõe o uso de tecnologias sustentáveis para a edificação pública analisada em estudo de caso. Esse é um mecanismo governamental para incentivar práticas sustentáveis e economizar recursos financeiros das instituições públicas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal a proposição do uso de materiais e tecnologias sustentáveis integrados no projeto do ginásio esportivo do campus I, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG).

2.2 Objetivos Específicos

Com objetivos específicos, têm-se:

- Caracterizar a edificação e o seu uso, os materiais utilizados, dispositivos de escoamento das águas pluviais, usos da água fria e as fontes de consumo de energia;
- Propor tecnologias e materiais sustentáveis para a edificação;
- Analisar a viabilidade técnico-econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis;
- Analisar a viabilidade técnico-econômica da implantação de um sistema de aquecimento solar para os chuveiros da edificação; e
- Avaliar o ganho ambiental da aplicação das medidas propostas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O modelo de desenvolvimento atual, acelerado desde a primeira revolução industrial em todo o mundo, possui como principal característica a exploração sem controle dos recursos naturais, bem como de medidas efetivas de mitigação relacionada à exploração. Essa produção acelerada tem por finalidade satisfazer os padrões de consumo da sociedade criados pelo capitalismo, em diferentes partes do mundo.

Ao longo do tempo, o crescimento dessas atividades industriais e os impactos gerados contribuíram para o surgimento de debates, estudos e conferências sobre os riscos ambientais e sua relação com a indústria em seu processo produtivo (CONTO, 2017). A preocupação com questões ambientais emerge a partir da percepção do homem quanto ao ritmo de exploração dos recursos naturais, que passa a ser maior do que a capacidade natural de regeneração dos ecossistemas naturais.

Em consequência à essa percepção dos impactos ambientais, as últimas décadas foram marcadas pelo aumento da preocupação humana com o meio ambiente. As décadas de 1970

e 1980 foram evidenciadas por uma preocupação com os efeitos da poluição nos ecossistemas. A década de 1990 teve como marco a preocupação com a preservação e a proteção da biodiversidade. E, nos tempos atuais, o foco da preocupação com as questões ambientais se dá com as mudanças climáticas e os possíveis efeitos relacionados ao aquecimento global (CONTO, 2017).

Essa exploração, sem a devida preocupação com os impactos ambientais e sociais, traz grandes problemas para a sociedade, principalmente pela escassez de recursos naturais, que vem se transformando em uma realidade. Diante desse contexto, surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável, numa tentativa de frear a exploração incontrolável de recursos do planeta.

3.1 Desenvolvimento Sustentável

O desenvolvimento sustentável é um conceito atual que se encontra em expansão e evolução, ampliando as suas aplicabilidades e, devido ao seu caráter multidisciplinar e complexo, não pode possuir uma única dimensão de análise. Ele deve levar em consideração diversos aspectos como o econômico, ambiental e social (DE OLIVEIRA e DOS SANTOS, 2015).

O conceito de desenvolvimento sustentável mais aceitado cientificamente foi estabelecido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (*World Commission on Environment and Development* — WCED) em relatório, conhecido como Relatório de *Brundtland*, de 1987 (DE OLIVEIRA e DOS SANTOS, 2015). O conceito estabelece relação de equidade entre os sistemas econômico, social, ambiental e político. A definição padrão de desenvolvimento sustentável consiste em:

Desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades; significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats (DE OLIVEIRA e DOS SANTOS, 2015).

Essa definição, amplamente adotada pelos estudiosos do tema, não trata da diferença entre a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade é, portanto, uma condição de longo prazo, com foco nas próximas gerações. O desenvolvimento sustentável é

uma variável desse processo de alcance da sustentabilidade, podendo se afastar ou se aproximar dela.

Após a definição da *Comissão Brundtland*, inúmeras definições surgiram no mundo acadêmico e o ponto comum entre elas está nas dimensões do termo sustentabilidade. A sustentabilidade é formada por três dimensões que se relacionam: econômica, ambiental e social. Essas dimensões são também conhecidas como ‘*triple bottom line*’, também chamado de tripé da sustentabilidade (CLARO, CLARO e AMÂNCIO, 2008). A sustentabilidade estaria relacionada, portanto, à busca por equidade entre essas dimensões nas atividades humanas.

Até mesmo no ambiente empresarial, a sustentabilidade evolui de ações com cunho filantrópico ou de pura responsabilidade ambiental com os seus impactos ambientais gerados, passando a designar o planejamento estratégico como uma maneira de sobrevivência e destaque das empresas. Essa busca da sustentabilidade tem como razão a redução de custos que as ações podem trazer para os sistemas (OLIVIERA e FARIA, 2019).

3.2 Aspectos Legais

O meio ambiente é abordado pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 no artigo 225, e definido como um direito fundamental de natureza difusa, tutelado como bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, e impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo.

Em consonância com tal disposição, conceitua-se meio ambiente como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em as suas formas”, de acordo com inciso I, do Art. 3º, da Lei nº 6.938/81, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente.

As políticas urbanísticas voltadas à proteção do meio ambiente natural e artificial estão previstas na constituição supracitada, que definiu a competência político-administrativa da União, a instituição de diretrizes nacionais ao desenvolvimento urbano, habitação e saneamento básico (DE ANDRADE, 2019).

No caso de estruturas governamentais, a Constituição da República de 1988, no seu artigo 37, no inciso XXI, preceitua que:

Ressalvados os casos especificados na legislação, as obras, serviços, compras e alienações serão contratados mediante processo de licitação pública que assegure igualdade de condições a todos os concorrentes, com cláusulas que estabeleçam obrigações de pagamento, mantidas as condições efetivas da proposta, nos termos da lei, o qual somente permitirá as exigências de qualificação técnica e econômica indispensáveis à garantia do cumprimento das obrigações (SOUZA, 2017).

Na realização dos procedimentos licitatórios devem-se observar alguns princípios gerais, como a legalidade, isonomia, moralidade e a publicidade. Além disso, devem ser cumpridos princípios específicos da licitação como a seleção da proposta mais vantajosa para a administração e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável (SOUZA, 2017).

A sustentabilidade aplicada nas contratações de serviços e produtos por instituições governamentais emerge da ascensão e da importância da sustentabilidade nas discussões nacionais e internacionais das últimas décadas, bem como do esforço em minimizar os impactos gerados pelas atividades humanas. A busca por esse desenvolvimento sustentável teve maior força em meados da década de 1980 por meio da difusão da temática e da globalização dos mercados no mundo (DE ANDRADE, 2019). As ações de sustentabilidade podem ser encontradas como item obrigatório das agendas governamentais, nas três esferas de poder, como peça estratégica e fundamental na estrutura da gestão pública gerencial, que deve buscar a promoção do desenvolvimento socioeconômico equilibrado, para a presente e as futuras gerações.

A estrutura da gestão pública brasileira atual, inclui nas suas ações os ditames do desenvolvimento sustentável, mas possuem a necessidade de atender as exigências e finalidades de uma licitação tradicional. Partindo deste princípio, o governo federal, através do Ministério do Meio Ambiente (MMA), estabeleceu um conceito de licitações sustentáveis, por meio da cartilha explicativa da Agenda Ambiental da Administração Pública - A3P como sendo:

Compras sustentáveis consistem naquelas em que se tomam atitudes para que o uso dos recursos materiais seja o mais eficiente possível. Isso envolve integrar os aspectos ambientais em todos os estágios do processo de compra, de forma a evitar compras desnecessárias a identificar produtos mais sustentáveis que cumpram as especificações de uso requeridas. Logo, não se trata de priorizar produtos apenas devido ao seu aspecto ambiental, mas sim considerar seriamente tal aspecto

juntamente com os tradicionais critérios de especificações técnicas e preço (BRASIL, 2009).

A mesma cartilha do Departamento de Cidadania e Responsabilidade Socioambiental do governo federal definiu a sustentabilidade nas obras públicas como:

As obras públicas devem ser elaboradas visando à economia da manutenção e operacionalização da edificação, redução do consumo de energia e água, bem como a utilização de tecnologias e materiais que reduzam o impacto ambiental, tais como: uso de equipamentos de climatização mecânica, ou de novas tecnologias de resfriamento do ar, que utilizem energia elétrica, apenas nos ambientes onde for indispensável; automação da iluminação do prédio, projeto de iluminação, interruptores, iluminação ambiental, uso de sensores de presença; uso exclusivo de lâmpadas fluorescentes compactas ou tubulares de alto rendimento e de luminárias eficientes; energia solar, ou outra energia limpa para aquecimento de água; sistema de medição individualizado de consumo de água e energia; sistema de reuso de água e de tratamento de efluentes gerados; aproveitamento da água da chuva, agregando ao sistema hidráulico elementos que possibilitem a captação, transporte, armazenamento e seu aproveitamento; utilização de materiais que sejam reciclados, reutilizados e biodegradáveis, e que reduzam a necessidade de manutenção; e comprovação da origem da madeira a ser utilizada na execução da obra ou serviço (BRASIL,2009).

Além disso, o governo federal poderá exigir critérios de sustentabilidade na aquisição dos bens, de modo que os mesmos possuam, no todo ou em parte, material reciclado, atóxico, biodegradável. A contratação de serviços deve exigir das empresas contratadas práticas de sustentabilidade na execução dos serviços e adoção de medidas para evitar o desperdício de água tratada, menor geração de ruído ambiental, realização de treinamentos com os funcionários para redução de consumo de energia elétrica, de água e de produção de resíduos sólidos (BRASIL, 2009).

De acordo com Oliveira (2019), esses pressupostos e requisitos norteiam a aplicação da sustentabilidade nas licitações do governo federal para compras públicas. Em termos legislativos, a primeira norma que trouxe a sustentabilidade relacionada às compras públicas foi o Decreto nº 2.783, de 17 de setembro de 1998, que dispõe sobre:

A proibição de aquisição, pelos governos e pelas entidades integrantes da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, de produtos ou

equipamentos que contenham ou façam uso de substâncias que destroem a Camada de Ozônio, expressamente discriminadas no anexo da norma em apreço.

Foram excluídos da vedação os produtos ou equipamentos considerados essenciais, conforme classificação estabelecida pelo Protocolo de Montreal. Ainda segundo Oliveira, os instrumentos normativos são elencados cronologicamente da seguinte forma:

1. Recomendação nº 11, de 22 de maio de 2007, do Conselho Nacional de Justiça (CNJ), cuja finalidade é aconselhar os tribunais relacionados ao texto constitucional a adotarem políticas públicas voltadas à formação e recuperação de um ambiente ecologicamente equilibrado;
2. Instrução Normativa (IN) nº 02, de 30 de abril de 2008, da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação (SLTI), do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), que contém práticas sustentáveis atreladas às compras governamentais;
3. Portaria nº 61, de 15 de maio de 2008, do Ministério do Meio Ambiente (MMA), com o principal objetivo de estabelecer práticas de sustentabilidade ambiental a serem observadas nas licitações e demais formas de contratações realizadas pelo MMA;
4. Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010, da SLTI-MPOG, que dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública federal direta, autárquica e fundacional;
5. Portaria nº 02, de 16 de março de 2010, da SLTI-MPOG, que versa sobre as especificações de bens ligados à Tecnologia da Informação (TI) no horizonte da Administração Pública federal direta, autárquica e fundacional, imputando a ela os métodos ambientalmente corretos;
6. Lei nº 12.349, de 15 de dezembro de 2010, que modifica alguns dispositivos da lei geral das licitações e contratos administrativos, merecendo destaque o incremento da questão ambiental como finalidade na nova redação do art. 3º, ao dispor que “A licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, a seleção da proposta Revista Direitos, trabalho e política social, CUIABÁ, V. 5, n. 8, p. 199-214, Jan./jun. 2019 210 mais vantajosa para a administração e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável (...)”;
7. Decreto nº 7.746/2012, que regulamentou a nova redação do art. 3º da Lei nº 8.666/1993 e consiste na regulamentação jurídica a respeito da sustentabilidade aplicada às compras governamentais;
8. Decreto nº 7.746, de 05 de junho de 2012, que regulamentou o art. 3º da Lei nº 8.666/1993 e estabelece critérios e práticas visando à promoção do desenvolvimento nacional sustentável através das contratações realizadas pela Administração Pública direta, autárquica e fundacional, como também pelas empresas estatais dependentes;
9. Instrução Normativa nº 10, de 12 de novembro de 2012, da SLTI-MPOG, com finalidade específica, pois estabelece regras para a

elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS), que fora estabelecido pelo art. 11, I, “b” do Decreto nº 7.746/2012; 10. Resolução CNJ nº 201, de 03 de março de 2015, que dispõe sobre a criação e competências das unidades ou núcleos socioambientais nos órgãos e conselhos dos tribunais, sendo também responsável pela implantação do Plano de Logística Sustentável no Poder Judiciário (PLS-PJ); 11. Finalmente, o Decreto nº 9.178, de 23 de outubro de 2017, alterou o Decreto nº 7.746/2012, que regulamentou o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para trazer inovações recentíssimas à órbita das licitações sustentáveis, além de instituir novos elementos à Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP (OLIVEIRA, 2019).

A atual legislação, o Decreto nº 9.178, de 23 de outubro de 2017, apresenta no art. 2º que na aquisição de bens e na contratação de serviços e obras, as contratações deverão adotar critérios e práticas sustentáveis nos instrumentos convocatórios.

O princípio do Desenvolvimento Sustentável, presente nas licitações, está relacionado não só com o âmbito ambiental, mas se refere ao desenvolvimento sustentável em diversos aspectos, como social, econômico, político, ético. De acordo com Souza (2017), o princípio da sustentabilidade da licitação liga-se à ideia de que é possível, por meio do procedimento licitatório, incentivar a preservação do meio ambiente. O princípio do desenvolvimento sustentável foi introduzido na Lei 8.666/93 e, no ano de 2010, através da Lei 12.349, que o incluiu como princípio norteador da licitação.

A Instrução Normativa nº 1/2010, do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MPOG), estabeleceu critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras na Administração Pública Federal. A partir da adoção desse princípio, as contratações de obras públicas, como por exemplo, as universidades e centros de ensino, podem ter como requisitos a aplicação dos conceitos de construções sustentáveis para as edificações.

Além disso, a reciclagem passa a ser um princípio da gestão dos órgãos públicos. O Decreto nº 5.940/2006 instituiu a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, bem como sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis.

Dessa forma, o Decreto Nº 9.178, de 23 de outubro de 2017, que altera o Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, que regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993,

estabelece critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública (CISAP). O decreto supracitado destaca que:

Na aquisição de bens e na contratação de serviços e obras, a administração pública federal direta, autárquica e fundacional e as empresas estatais dependentes adotarão critérios e práticas sustentáveis nos instrumentos convocatórios. A adequação da especificação do objeto da contratação e das obrigações da contratada aos critérios e às práticas de sustentabilidade será justificada nos autos, resguardado o caráter competitivo do certame. São considerados critérios e práticas sustentáveis, entre outras:

I – baixo impacto sobre recursos naturais como flora, fauna, ar, solo e água;
 II – preferência para materiais, tecnologias e matérias-primas de origem local; **III – maior eficiência na utilização de recursos naturais como água e energia;** IV – maior geração de empregos, preferencialmente com mão de obra local; **V – maior vida útil e menor custo de manutenção do bem e da obra;** VI – uso de inovações que reduzam a pressão sobre recursos naturais; VII – origem sustentável dos recursos naturais utilizados nos bens, nos serviços e nas obras; e VIII – utilização de produtos florestais madeireiros e não madeireiros originários de manejo florestal sustentável ou de reflorestamento. (BRASIL, 2017) **(grifo nosso)**

Portanto, por intermédio da compra sustentável baseando-se nos parâmetros descritos acima, as organizações públicas poderiam usar de seu poder de compra para dar um sinal ao mercado a favor da sustentabilidade, passando a escolher bens e serviços aliados aos critérios atuais (DE OLIVEIRA, 2015).

3.3 Construções Sustentáveis

Os empreendimentos imobiliários, de forma geral, representam um setor da economia com maior consumo de recursos naturais, e a construção civil vem buscando nos últimos anos ações de sustentabilidade para seus empreendimentos. Essas ações se resumem na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído (CAMPOS, 2017). Dessa forma, os impactos ambientais vão desde a construção de empreendimento, como de sua utilização ao longo da sua vida útil.

O primeiro grande marco da construção sustentável no planeta foi a Conferência da ONU, em 1976, no Canadá, chamada de Habitat I, onde foram reconhecidas e discutidas as consequências da urbanização rápida. Em resumo, foi elaborado um documento com as estratégias espaciais e políticas para o atendimento das populações vulneráveis (MALHEIROS et al., 2008). Em 1994, foi realizada na Florida a Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável. Definiram-se objetivos para a construção sustentável: a) minimizar o consumo de recursos; b) maximizar a reutilização dos recursos; c) utilizar recursos renováveis e recicláveis; d) proteger o ambiente natural; e) criar um ambiente saudável e não tóxico; e f) fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído (MALHEIROS et al., 2008).

Em 1996, aconteceu a Conferência da ONU chamada de Habitat II que, seguindo os pensamentos da Eco 92, destacou a sustentabilidade no processo de urbanização. Em 1999, o CIB - *International Council for Research and Innovation Building and Construction*, criado em 1953, finaliza a Agenda 21 para a construção sustentável, na qual são apresentadas diretrizes de planejamento para a construção de cidades sustentáveis (JOHN, 2001). O relatório elaborado detalha os conceitos, aspectos e desafios pelo desenvolvimento sustentável da construção civil. Este foi um grande marco para o desenvolvimento e fomento da aplicação dos conceitos de sustentabilidade na construção civil. Ainda neste ano, surgiu a certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), constituindo-se em um selo para os projetos de construções civis quanto à sustentabilidade. Atualmente, é uma das mais renomadas certificações existentes.

A partir do século XXI começaram a surgir diferentes agentes de certificação oferecendo aos projetos locais uma certa vantagem competitiva no mercado. O termo sustentável se tornou um diferencial estratégico competitivo.

No Brasil, as ideias sobre construção sustentável chegaram tardiamente. Um dos marcos foi o Simpósio do CIB sobre Construção e Meio Ambiente, organizado pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil, da Escola Politécnica da USP, em 2000. O encontro foi um alerta para a necessidade de uma estratégia aos impactos ambientais na área da construção civil (MALHEIROS et al., 2008).

A chamada Agenda 21, proposta pelo CIB, pode ser organizada em 3 campos de atuação: gerenciamento, aspectos da edificação e o consumo de recursos (JOHN, 2001). Dessa forma,

o relatório englobava a seleção de materiais ambientalmente saudáveis, redução de recursos naturais, reciclagem, dentre outros princípios que nortearam a aplicação da construção sustentável.

De acordo com Malheiros *et al.* (2008), após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, onde a Agenda 21 foi produzida, diversas Agendas 21 foram elaboradas em diversos países em desenvolvimento. No Brasil, buscou-se o planejamento participativo para analisar a situação da construção civil no país e identificar suas fragilidades e, por conseguinte, planejar um desenvolvimento do setor de forma sustentável (MALHEIROS *et al.*, 2008). A elaboração da Agenda 21 Brasileira teve início em 1997, com a criação por decreto presidencial da Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável formada por membros do Governo Federal e da sociedade civil.

A Agenda 21 Brasileira foi elaborada para ter papel particularmente destacado na concepção e na coordenação da execução de “uma nova geração de políticas públicas”, buscando ser um documento que vai além da preocupação com a dimensão ambiental do desenvolvimento, constituindo-se então como um marco de referência para um modelo de desenvolvimento sustentável.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, realizada no Rio de Janeiro (Rio +20), em 2012, abordou a economia verde o contexto da governança do ambiente como instrumento de equilíbrio das três dimensões do desenvolvimento sustentável, ambiental, econômica e social (KITA, 2018).

Durante a Rio+20, o Ministério do Meio Ambiente publicou um estudo sob título Agenda 21 Brasileira – Avaliação e Resultados, contendo um balanço geral dos programas federais relacionados às diversas temáticas da Agenda 21 Brasileira. O trabalho se baseou na compilação de estudos e análises das políticas públicas federais implementadas entre 2002 (data da publicação da AG21 Brasileira) e 2012, com o propósito de avaliar os impactos, alcances e limites dessas políticas frente aos 21 objetivos estabelecidos na AG21 Brasileira (MMA, 2012).

Os procedimentos convencionais da construção civil no país não creditam a devida importância aos seus impactos ambientais (ASSIS, 2007). Em geral, esses projetos não utilizam as melhores tecnologias sustentáveis aplicáveis para o contexto da edificação, ou

seja, não considera o meio onde a edificação será construída. Essas edificações desperdiçam energia e aumentam seus custos operacionais por não considerar os critérios de desempenho e de produção construtiva, derivados da dimensão bioclimática, bem como materiais, equipamentos e tecnologia construtiva, vinculados à eficiência energética.

Entretanto, é necessário utilizar alguns critérios para a tomada de decisões a partir de uma perspectiva integrada e sustentável durante o processo de produção e de utilização das edificações. A adoção de critérios como o desempenho ambiental e o conforto térmico natural resultam em um projeto arquitetônico eficiente e de melhor qualidade, uma vez que racionaliza o uso de recursos naturais, humanos e materiais (ASSIS, 2007). A otimização do projeto arquitetônico seria propiciada com a adoção das tecnologias de construções sustentáveis.

A definição de sustentabilidade, elaborada no Relatório de *Brundtland*, foi um termo firmemente reconhecido durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, também conhecida como Eco-92, onde o termo foi incluído nos documentos, sendo uma meta a ser atingida pelo Mundo após a reunião.

Após a Eco-92, foi efetuada a Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável (*First World Conference for Sustainable Construction*) em Tampa, na Florida, onde o futuro da construção, no contexto da sustentabilidade, foi discutido (PINHEIRO, 2003). A construção sustentável refere-se à aplicação da sustentabilidade para as atividades construtivas, sendo definidas como a criação da gestão do ambiente construído, tendo como base os princípios ecológicos e o uso eficiente de recursos. Durante essa primeira conferência foram sugeridos os seguintes seis princípios para a sustentabilidade na construção:

1. Minimizar o consumo de recursos;
2. Maximizar a reutilização dos recursos;
3. Utilizar recursos renováveis e recicláveis;
4. Proteger o ambiente natural;
5. Criar um ambiente saudável e não tóxico; e
6. Fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído

Um dos maiores desafios encontrados pela construção civil, na modernidade, consiste na busca por equilíbrio do triple *bottom line*, o tripé da sustentabilidade, e sua aplicação, conforme os conceitos de desenvolvimento sustentável (CONTO e OLIVEIRA, 2017).

A indústria da construção civil e os projetos das edificações têm um papel relevante para a sociedade, embora a sustentabilidade nessa área ainda se encontra em estágio inicial de desenvolvimento. As construções sustentáveis, termo do inglês *Green Buildings*, buscam incrementar a eficiência do uso de recursos, a eficiência energética, a conservação das áreas naturais e da biodiversidade, a harmonização ambiental e a prevenção da poluição (OLIVEIRA, 2019).

Cada fase de uma construção suscita determinadas questões a serem consideradas, a partir de impactos gerados pelas atividades desenvolvidas. Após a caracterização desses aspectos ambientais e os seus respectivos impactos, em suas diversas fases, propõem-se instrumentos de gestão ambiental que minimizam o impacto da edificação.

A construção civil também necessita que as operações sejam sustentáveis e tais ações devem ser consideradas nos investimentos realizados. Considera-se que uma operação sustentável é “aquela que é eficiente economicamente, enquanto responsável ambiental e socialmente”. Assim, a operação do empreendimento deve levar em conta os princípios da sustentabilidade (OLIVEIRA, 2019). Os investimentos na fase de construção de uma edificação são primordiais para que, no futuro, os custos em manutenção e habitabilidade sejam menores (CONTO e OLIVEIRA, 2017).

O projeto e a construção se concentram nos objetivos de redução de custos e de melhor desempenho. O conceito de construções sustentáveis busca a minimização do esgotamento de recursos, a minimização de degradação e criação de um ambiente construído saudável para esses critérios. A mudança para a sustentabilidade pode ser vista como um novo paradigma, onde os objetivos sustentáveis estão dentro do projeto e construção do edifício durante todas as fases do ciclo de vida da edificação (HUSSIN, RAHMAN e MEMON, 2013).

A sustentabilidade é um conceito dinâmico, isso requer que as decisões sejam flexíveis e estejam dispostas a modificar a abordagem com o avanço tecnológico. Para alcançar uma construção sustentável é muito importante equilibrar os princípios básicos de

sustentabilidade, ou seja, ambiente, aspecto econômico e social (HUSSIN, RAHMAN e MEMON, 2013).

As construções sustentáveis são capazes de assegurar e melhorar a qualidade da vida humana, mantendo a capacidade do ecossistema a níveis local e global. Dentre os benefícios, têm-se o melhor uso dos recursos do edifício, economia operacional significativa e aumento da produtividade no local de trabalho. As práticas de construção ecológica podem ser introduzidas em qualquer estágio da construção (HUSSIN, RAHMAN e MEMON, 2013).

A indústria da construção civil está em processo de adaptação aos novos tempos e de melhoria contínua, uma vez que não são mais aceitáveis projetos que não considerem a sustentabilidade como fator a ser avaliado em sua fase de definição inicial, ou seja, durante a fase de projeto. Essa fase deve considerar um quadro de obrigações sustentáveis, de forma a atender não somente aos objetivos de curto prazo, mas também aos conceitos de geração de valor econômico, ecológico, orientação social, médio/longo prazo, bem como considerar as orientações quanto ao desenvolvimento local, regional e global (GAREIS, HUEMANN e MARTINUZZO 2013).

Em geral, a indústria da construção civil pouco considera aspectos sustentáveis, buscando o retorno econômico imediato. No entanto, acrescentam que essa posição tem sido questionada e que o ciclo de custo total, que engloba o custo da aquisição e propriedade (incluindo operação, manutenção e renovação) da construção, está recebendo maior atenção (OLIVEIRA, 2019).

De acordo com Oliveira (2019), a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura-ASBEA, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS e outras instituições apresentam diversas estratégias e princípios básicos da construção sustentável, dentre os quais se destacam:

- aproveitamento de condições naturais locais;
- utilização do mínimo de terreno e integração ao ambiente natural;
- implantação e análise do entorno;
- minimização ou não ocorrência de impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar;
- qualidade ambiental interna e externa; e

- gestão sustentável da implantação da obra.

Na cidade de Belo Horizonte, essa preocupação com a sustentabilidade e a inovação foi constatada em estudo realizado em empresas construtoras da capital do Estado de Minas Gerais, as quais, em maior ou menor grau de sustentabilidade, estão buscando incorporar em suas atividades diversas práticas sustentáveis relacionadas a materiais, eficiência energética, uso racional da água e gestão de resíduos, bem como procedimentos de responsabilidade ambiental (BREMER, 2013).

3.3.1 Construção Sustentável Em Obras Públicas

A sustentabilidade, dentro das Instituições de Ensino Superior (IES), deve englobar a criação de processos com indicadores ambientais que possam evitar ou minimizar as agressões ao meio ambiente relacionada aos seus aspectos ambientais (LADEIRA *et al.*, 2012).

Dessa forma, as universidades devem conduzir seus procedimentos gerenciais de forma a buscar a sustentabilidade em todos os setores de sua organização. A aplicação dos conceitos de construção sustentável para a edificação é uma das formas de se garantir a sustentabilidade em órgãos públicos, visto que minimizam impactos ambientais durante a atividade ou uso.

As universidades podem desempenhar um importante papel para a sociedade através da transformação das sociedades em sustentáveis. Dentre as ações possíveis destaca-se a institucionalização da sustentabilidade no ensino superior na utilização de um modelo que tem sido chamado de Universidade Sustentável (BINZERRIL, ROSA e CARVALHO, 2018). As universidades sustentáveis podem ser definidas como:

Uma instituição de ensino superior, como um todo ou em parte, que busque a promoção, a nível regional ou global, da minimização de impactos negativos ambientais, sociais, econômicos e à saúde gerados pelo uso dos seus recursos quando do cumprimento de suas funções de ensino, pesquisa, extensão e manutenção de forma a ajudar a sociedade a fazer a transição para estilos de vida sustentáveis (BINZERRIL, ROSA e CARVALHO, 2018).

A universidade sustentável deve associar os aspectos operacionais do centro de ensino e da pesquisa à gestão institucional, inclusive à gestão de resíduos. A gestão deve ocorrer de maneira que tanto a comunidade interna quanto a externa venham a reconhecer e praticar estilos de vida que promovam o bem-estar da atual e das futuras gerações (BINZERRIL, ROSA e CARVALHO, 2018). Dessa forma, todos os setores devem colaborar para a redução

de geração de resíduos e o consumo de água e energia a partir de um melhor gerenciamento de seus processos, otimizando os recursos utilizados.

O uso de sistemas de gestão ambiental, que incluam formas de monitorar, avaliar e relatar as ações de sustentabilidade, tem sido apontado como essencial para apoiar a transição para as universidades sustentáveis (LOZANO, 2015). Sendo assim, a universidade sustentável deve possuir o controle de seus aspectos e impactos ambientais, bem como estabelecer os seus objetivos, metas, projetos e programas ambientais.

As universidades são organismos de grande importância no desenvolvimento da sociedade, como um dos principais agentes transformadores de profissionais que ditarão os rumos do mercado e da sociedade. Elas têm o papel de qualificar e conscientizar os cidadãos que serão os futuros formadores de opinião, e, devido a esse papel, a responsabilidade ambiental deve ser um dos princípios das universidades (GAZZONI *et al.*, 2018).

De acordo com Neto (2015), em relação à sustentabilidade das edificações da administração pública, o Ministério do Meio Ambiente destaca:

Apesar do tema construções e reformas sustentáveis não ser novo, a maioria dos prédios públicos não foi desenvolvido de forma sustentável com aproveitamento dos recursos naturais como, por exemplo, o uso de energia solar ou das correntes de vento. Na administração pública, poucas foram as edificações projetadas de maneira sustentável. Porém, mesmo em um prédio já construído, é possível adotar medidas que visem à efficientização dos recursos naturais. Algumas medidas que podem ser adotadas são: o incentivo ao uso de materiais de construção com certificado de origem que atestem a produção através de uma cadeia “limpa” na fase de construção, a adoção de um sistema de reaproveitamento e reuso das águas e a adoção de um sistema de iluminação eficiente. Essas últimas medidas podem ser adotadas em qualquer parte da obra, inclusive após a construção. A implantação dessas medidas pode ser adotada tanto em edifícios em construção como naqueles já construídos. A instalação dessas medidas gera uma economia substancial de recursos naturais, contribuindo não apenas para a manutenção do equilíbrio ambiental como também na redução de gastos para o setor público (NETO, 2015).

3.4 Tecnologias De Construções Sustentáveis

A tecnologia sustentável pode ser definida como

A junção e a aplicação de todas as ciências de que o ser humano dispõe, para que, de modo prioritário, possamos dar continuidade, não só de nossa, como também das gerações futuras. A tecnologia sustentável é uma das várias formas de utilizar tecnologias sem poluir o meio ambiente (FERREIRA, 2018).

O uso de tecnologias sustentáveis pode gerar benefícios na redução do consumo, entre 24% e 50% de energia elétrica, a redução de 33% a 39% de emissões atmosféricas, bem como a redução de até 40% no consumo de água. Dessa forma, contribuem para a redução de impactos ambientais (HUSSIN, RAHMAN e MEMON, 2013).

A fase de projeto das construções sustentáveis deve levar em conta alguns parâmetros como a orientação solar e dos ventos, iluminação natural, dispositivos economizadores de energia, aquecimento solar, fontes alternativas de energia, telhado verde, aproveitamento de águas pluviais, paisagismo, avaliação de impacto de vizinhança (AFONSO *et al.*, 2014).

A fase de construção deve levar em conta o Programa de Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGRCC), reaproveitamento de resíduos, uso racional da água, canteiro desmontável, formas e escoras reutilizáveis e materiais e matérias primas de baixo impactos ambientais (AFONSO *et al.*, 2014).

A última fase, de utilização do empreendimento, deve buscar o correto funcionamento dos dispositivos projetados, a utilização de lâmpadas de baixo consumo, a manutenção das áreas, torneiras de fechamento automático e coleta seletiva (AFONSO *et al.*, 2014).

Outro ponto relacionado ao projeto é a qualidade ambiental interna, relacionada com a promoção da qualidade interna do ar, principalmente em ambientes de alta permanência de pessoas, com foco em materiais com baixa emissão de compostos voláteis, conforto térmico e a priorização de espaços com vista externa e luz natural (MESQUITA e MEDEIROS, 2018). Além disso, outro ponto importante é a ventilação, tanto do ponto de vista interno, evitando o uso de dispositivos que melhorem o clima interno, quanto do ponto de vista externo, minimizando o impacto da edificação da circulação de ar na vizinhança.

Além disso, a gestão da manutenção e conservação deve fazer parte da concepção de um edifício sustentável. Deve-se levar em conta a otimização do processo de manutenção dos dispositivos instalados na edificação, bem como a facilidade e simplicidade de manutenção,

de forma a reduzir os custos na fase de uso e ocupação (SALGADO, CHATELET e FERNANDEZ, 2012).

De acordo com Afonso (2014), a busca por construções mais sustentáveis e eficientes ambientalmente é realidade no Brasil. Seja simplesmente por cumprimento às legislações ambientais atuais, ou, além disto, uma busca por melhor posicionamento no mercado imobiliário, e atendimento às exigências dos consumidores cada vez mais conscientes, as construções civis têm procurado se adaptar a este novo cenário. No Quadro 1 são destacadas as tecnologias, em cada fase da obra, mais utilizadas no país. Tais tecnologias, portanto, são de maior aplicabilidade às condições econômicas do país.

Figura 1 - Quadro das tecnologias sustentáveis aplicáveis em cada fase da obra.

Fase da Obra	Tecnologia
Projeto	Áreas permeáveis
	Paisagismo
	Área de lazer e esportes
	Avaliação e redução dos impactos à vizinhança
	Avaliação e redução dos impactos a áreas nativas de entorno
Obra	Programa de Gestão de Resíduos Sólidos de Construção Civil
	Uso racional de água
	Uso racional de energia
	Canteiro de obra com características reaproveitáveis e desmontáveis
	Componentes industrializados ou pré-fabricados
	Formas e escoras reutilizáveis
	Concreto com dosagem otimizada
	Madeira plantada ou certificada
	Uso racional de água

	Uso racional de energia
	Canteiro de obra com características reaproveitáveis e desmontáveis
	Orientação aos moradores
	Materiais e matérias primas de baixo impacto ambiental (Ciclo de vida do produto)
Operação	Lâmpadas de baixo consumo
	Torneiras de fechamento automático ou outro mecanismo de redução no consumo de água
	Manutenção das áreas verdes
	Proteção das áreas de vegetação nativa
	Coleta seletiva

Fonte: Adaptado de Afonso (2014).

3.4.1 Tecnologias Para Minimizar O Impacto Sobre A Água

Diversos países enfrentam o problema da escassez da água em decorrência do desenvolvimento desordenado das cidades, da poluição dos recursos hídricos, do crescimento populacional e industrial, que geram um aumento na demanda pela água, provocando uma redução na disponibilidade desse recurso (BONA, 2014).

Apesar da riqueza hídrica do Brasil, o país vem enfrentando problemas quanto à sua escassez devido a ineficiências relacionadas com a gestão desse recurso. A disponibilidade, atualmente, é boa e suficiente na grande maioria dos municípios e capaz de atender as principais demandas relativas às atividades industriais, irrigação e abastecimento público.

Segundo Silva (2012), o Brasil apresenta um desperdício médio de água de 35%, sendo que nos países desenvolvidos esse índice é 20%. O recurso hídrico brasileiro está dividido conforme a sua região : a Norte, onde está situada a bacia Amazônica e onde vivem apenas 7% da população brasileira, há 60% de água; a Centro-oeste, com 15,7% de água é a menos populosa (6,5% do efetivo total); a Sul possui cerca de 6,5% de recurso hídrico e 15% da população; a região Sudeste, que tem a maior concentração populacional (42,63% do total brasileiro), dispõe de apenas 6% dos recursos hídricos, e a região Nordeste, que abriga 28,91% da população, dispõe apenas de 3,3%. Portanto, 30% dos recursos hídricos brasileiros

estão disponíveis para 93% da população (ANA, 2019). Ainda segundo a Agência Nacional de Águas (2019), no Brasil, 48 milhões de habitantes foram afetados pela seca (duradoura) ou estiagem (passageira), entre os anos de 2013 e 2016.

A ausência de saneamento e o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento adequado implicam no comprometimento da qualidade dessas águas, contribuindo para o quadro de escassez. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), aproximadamente 27% da população mundial (1,9 bilhão de pessoas) vivem em situação potencial de escassez hídrica pelo menos durante um mês do ano. Diante disso, emergem diversas discussões sobre alternativas para a diminuição deste cenário, dentre estas, pode ser destacado o aproveitamento de águas pluviais, os dispositivos economizadores e melhorias de gestão do recurso que evitem os desperdícios gerados na distribuição. Além disso, destaca-se a importância da conscientização e educação ambiental na preservação deste recurso natural essencial para a vida no planeta.

O consumo de água nas últimas décadas cresceu duas vezes mais do que a população e com estimativa de crescimento em seu consumo de até 55% no ano de 2050 (CONTO e OLIVEIRA, 2017). Nesse contexto, o processo de urbanização deve estar associado a um planejamento de infraestrutura, bem como aos instrumentos de gestão dos recursos hídricos como, por exemplo, o controle de inundações urbanas.

A falta de planejamento e bons mecanismos de gestão fica evidente pela má qualidade da água dos mananciais próximos a ocupações das cidades. Dessa forma, a conservação da água no ambiente urbano traz benefícios diretos aos agentes consumidores, através da diminuição de tarifas e, indiretos, através da captação, tratamento e distribuição (CONTO e OLIVEIRA, 2017).

Nesse contexto, a conservação da água em edifícios residenciais refere-se a economia do consumo, ao reuso e ao aproveitamento da água de chuva. Com a preservação da água, toda a sociedade é beneficiada, pois implica diretamente na diminuição dos gastos públicos com energia, bem como dos impactos da captação (CONTO e OLIVEIRA, 2017).

Além de ser um dos setores com maior consumo, a construção civil aparece como uma das atividades que mais interfere no ciclo da água. Essa interferência pode ser direta, através da criação de infraestrutura, ou indireta, através da impermeabilização do solo, alterando o

escoamento superficial e a drenagem das águas pluviais (CONTO e OLIVEIRA, 2017). Para a redução do consumo podem ser adotadas medidas como, a utilização de dispositivos economizadores, o reuso de águas, aproveitamento da água de chuva, dentre outras tecnologias.

O mercado nacional, bem com o mundial, tem apresentado uma crescente oferta de soluções para a economia de água, através do desenvolvimento de equipamentos poupadores, tendo destaque os equipamentos de fechamento automático e os sensores de presença, com as empresas investindo em diversos modelos para atender as várias exigências e características dos usuários (HAFNER, 2007).

Os componentes economizadores, também conhecidos como equipamentos ou dispositivos economizadores de água, têm como finalidade a redução do consumo de água pelas fontes de uso, como por exemplo as torneiras. Os principais dispositivos são os arejadores, os pulverizadores e os prolongadores, usados em torneiras. Em chuveiros, utilizam-se registros reguladores de vazão e, em vasos sanitários, adotam-se válvulas de descarga com acionamento seletivo (CARVALHO, 2014). No Quadro 2 são apresentadas as principais características dos componentes economizadores de água.

Figura 2 - Quadro dos tipos e principais características dos dispositivos economizadores.

Aparelho	Dispositivo	Características
Torneiras	Arejador	Dispositivo abrandador do fluxo de saída de água, na extremidade de torneiras e bicas em geral, promovendo o direcionamento do escoamento, evitando dispersões laterais. Os arejadores funcionam pelo princípio de Venturi, incorporando uma quantidade de ar e reduzindo a vazão e o volume de água utilizado.
Torneiras	Pulverizador	Dispositivo fixado na saída da torneira, transforma o jato de água em um feixe de pequenos jatos. Reduz a vazão para valores entre 0,06 litros/s e 0,12 litros/s, podendo chegar até a 0,03 litros/s, sem reduzir a satisfação do usuário.

Chuveiro ou ducha	Restritor	O dispositivo restritor de vazão deixa constante a pressão, geralmente de 10 mca a 40 mca. Existem restritores de vazão com os mais diferentes valores de vazão, por exemplo, para 6, 8, 10, 12 e 14 litros/minuto.
Chuveiro ou ducha	Registro regulador de vazão	O registro regulador de vazão é empregado para reduzir vazões excessivas. Tais componentes podem ser aplicados em chuveiros e duchas e possibilitam a regulagem da vazão a níveis de conforto e economia conforme o tipo de chuveiro empregado.
Vaso sanitário	Válvula de descarga com acionamento seletiva	Dispositivo conhecido como “ <i>duo-flush</i> ” é utilizado para possibilitar o acionamento seletivo da válvula de descarga. A válvula de descarga contém dois botões. Um deles, quando acionado, resulta em uma descarga completa, o outro botão resulta em uma meia descarga.

Fonte: Adaptado de ANA et al. (2005).

A eficácia desses dispositivos pode variar de acordo com o fabricante, bem como da manutenção preventiva realizada. O registro restritor de vazão, responsável por controlar a vazão de água da torneira, por meio de um parafuso, pode gerar 60% de economia em relação ao convencional. O arejador reduz a vazão e pode economizar 50% do consumo de água no ponto de geração (MARINS e MOURA, 2015).

As bacias sanitárias de caixa acoplada possuem funcionamento com 6 litros de água e existem ainda dispositivos conhecidos como “*dual flush*”. Nesses dispositivos existem dois botões: um deles para o arraste de efluentes sólidos, liberando a totalidade da capacidade da bacia e outro liberando apenas a metade, para a limpeza dos dejetos líquidos na bacia sanitária (PNCDA, 2013). As torneiras podem ter seu acionamento por meio de dispositivos hidromecânicos, com tempo de acionamento que não deve ser tão reduzido, para evitar diversos acionamentos, causando um desconforto desnecessário, nem muito longo, para

evitar que o fluxo de água se mantenha mesmo após o usuário terminar suas atividades (PNCDA, 2003).

Ainda segundo o PNCDA (2003), outra forma de acionamento são os dispositivos de comando com funcionamento por sensor. Tal dispositivo capta a presença das mãos do usuário, liberando o fluxo de água. O funcionamento do sistema pode ocorrer imediatamente a partir da identificação da presença das mãos do usuário, ou após um período de tempo, que pode variar de 1,5 a 4 s, evitando assim acionamentos acidentais. Outros modelos apresentam o tempo de funcionamento máximo do sistema, de 30 a 150 s, quando ocorre o encerramento de segurança do fluxo de água

3.4.1.1 Aproveitamento De Água De Chuva

O crescimento populacional dos centros urbanos, juntamente com a deterioração dos recursos hídricos, bem como o uso não racional, cria situações de escassez hídrica. Uma das soluções para aumentar a oferta de água nas edificações é o aproveitamento da água pluvial (DE AMORIM, 2014). Ela se apresenta como uma boa alternativa, visto que, além de reduzir o consumo de água potável, ainda surge como uma ação no combate às enchentes. Uma vez que reduz a quantidade de água a ser lançada no sistema de drenagem pluvial, essa técnica propicia um impacto positivo com menor vazão gerada na rede.

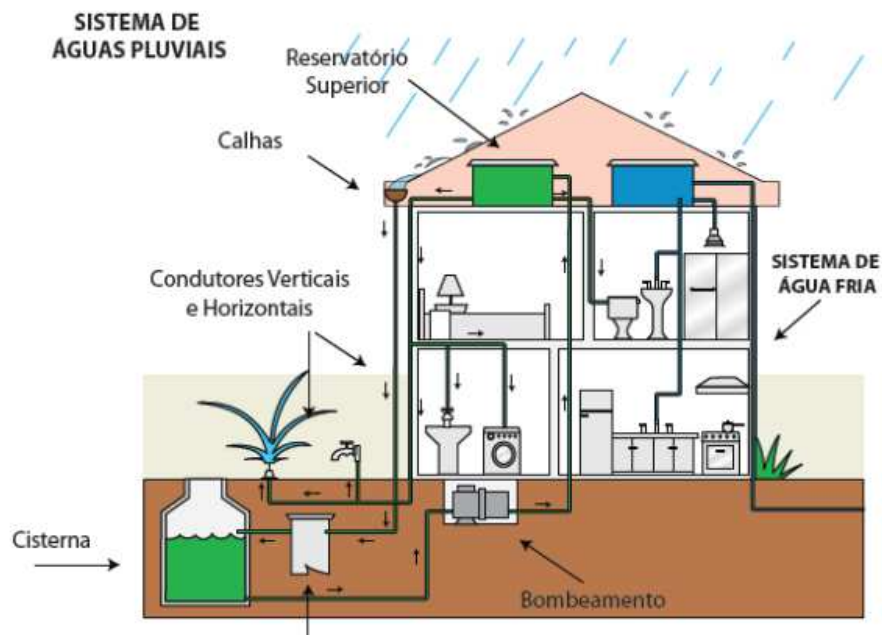
A Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) define sistemas de aproveitamento de água de chuva como “um conjunto de elementos, de tecnologia relativamente simples e econômica, que objetiva captar e armazenar a água de chuva para uso futuro”. Sendo assim, os principais objetivos do aproveitamento de água da chuva são de “Diminuir o escoamento nas redes pluviais durante os eventos chuvosos, a utilizar a água para irrigar jardins e lavagens de pisos externos, utilizar a água nas descargas dos vasos sanitários e na lavagem de carro” (URBANO, 2014).

Essa água poderá ser utilizada na edificação em descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e piscinas, bem como na construção civil na composição de concreto, por exemplo (DE AMORIM, 2014). É recomendado pela Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que a água captada pelo sistema seja utilizada para fins não potáveis, pois a água pluvial, dependendo do local onde é captada, devido à poluição local, não é apropriada para o consumo humano. Para seu consumo devem ser tratadas e realizadas outras análises físico-químicas e microbiológicas, como turbidez,

cor, dureza, amônia, coliformes e outros para comparação com as normas apresentadas posteriormente.

Na concepção das instalações prediais de águas pluviais faz-se necessário conhecer o fator meteorológico e as áreas de contribuição dos telhados para o pré-dimensionamento das calhas e dos condutores, verticais e horizontais (TOMAZ,2008). Os componentes principais para captação de água de chuva podem ser observados na Figura 1.

Figura 3 – Componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva.



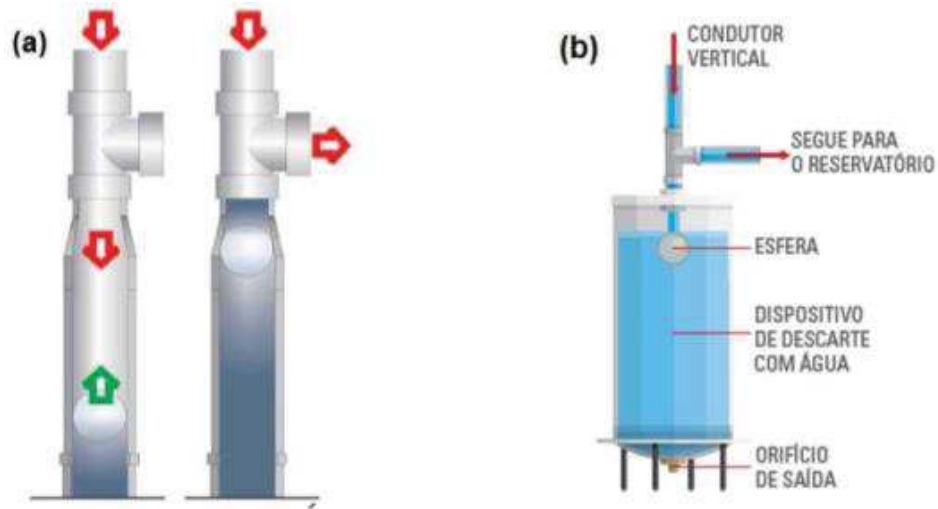
Fonte: Júnior (2019).

A área de captação se refere aos telhados ou coberturas das edificações. Podem ser telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, telhas de zinco, telhas ferro galvanizado, telhas de concreto armado, telhas de plásticos, telhado plano revestido com asfalto, etc. O telhado pode estar inclinado, pouco inclinado ou plano (TOMAZ, 2008).

As calhas e condutores, em PVC ou metálicos, são necessários para escoar a água até o reservatório. Os separadores de materiais grosseiros são dispositivos de limpeza. A primeira chuva que contém muitas partículas dos telhados pode ser removida manualmente com uso de tubulações que podem ser desviadas do reservatório ou automaticamente através de dispositivos de autolimpeza em que o homem não precisa fazer nenhuma operação. Para

remover materiais em suspensão usam-se peneiras com tela de 0,2mm a 1,0mm (TOMAZ, 2008). O sistema, também chamado de “*first flush*” funciona de acordo com a Figura 2. As pesquisas feitas mostram que o “*first flush*” varia de 0,4 L/m² de telhado a 8 L/m² de telhado, conforme o local (TOMAZ, 2008).

Figura 4 – Sistema de descarte das primeiras chuvas (*first flush*).



Fonte: CALDEIRA (2016).

O reservatório pode estar apoiado, enterrado ou elevado. Podem ser de concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster, etc. Além disso deve ser instalado no reservatório um extravasor (ladrão). O extravasor deverá possuir dispositivo para evitar a entrada de pequenos animais (TOMAZ, 2008).

Os custos envolvidos na construção do reservatório de acumulação são ao que mais impactam na viabilidade econômica de implantação desse sistema. A importância no dimensionamento do volume otimizado para garantir o suprimento de determinada demanda por água pluvial da edificação, durante todos os meses do ano, para determinada região com intensidade e frequência pluviométricas específicas, fez com que fossem desenvolvidos diversos métodos de dimensionamento do reservatório (SALLA, 2013). A maioria dos métodos existentes tem como parâmetros de entrada a intensidade pluviométrica, a área de captação e a demanda de água potável e não potável, os quais possuem influências variadas no volume final do reservatório, dependendo do local de estudo.

De acordo com a Norma ABNT NBR 10844/1989, a vazão de projeto deve ser calculada pela expressão:

$$Q = C \times I \times A \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m²; e

C = Coeficiente de *runoff*

O volume de água precipitado não representa o volume de água aproveitável, uma vez que devem ser consideradas as perdas por evaporação e vazamentos. Por isto, é utilizado, para efeito de cálculo, o coeficiente de aproveitamento de água pluvial, chamado também de coeficiente de *runoff*. O coeficiente, um dos parâmetros para o dimensionamento do reservatório, representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície e é determinado em função do material da superfície de captação (Figura 5).

Figura 5 – Quadro do Coeficiente de Runoff para os tipos de telhados.

Material do telhado	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento e amianto	0,80 a 0,90
Plástico e PVC	0,90 a 0,95

Fonte: Adaptado de Tomaz (2011).

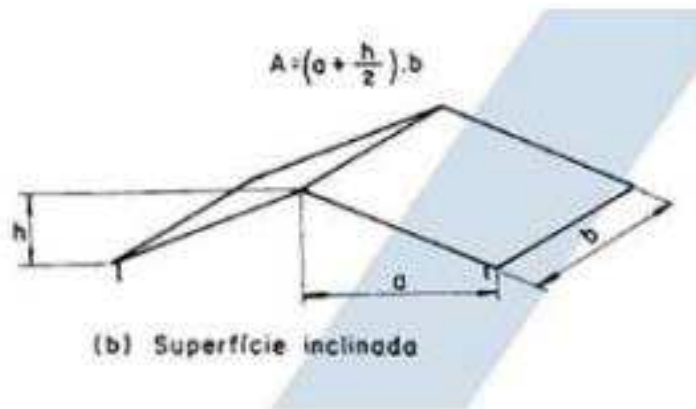
Na determinação da intensidade pluviométrica, deve ser fixado o período de retorno (T), segundo as características da área a ser drenada, sendo: T = 1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados; T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços; T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

A norma, no entanto, destaca que se forem conhecidos, com precisão, valores de tempo de concentração e houver dados de intensidade pluviométrica correspondentes, estes podem ser utilizados.

Segundo a NBR 10844/1989 (ABNT, 1989), a área de captação é a área, em metros quadrados, da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada, projetada na horizontal.

O dimensionamento das tubulações e condutos verticais e horizontais do sistema de águas é determinado pela NBR 10844 (ABNT, 1989), que trata das instalações prediais de águas pluviais. Na Figura 3 é apresentado o cálculo da área de captação para superfície inclinada.

Figura 6 - Indicação para o cálculo da área de contribuição em superfície inclinada.



Fonte: NBR 10844 (1989).

Sabendo-se que a água da chuva sofre perda de qualidade ao passar pela troposfera e pela área de captação, acumulando impurezas como, por exemplo, as folhas das árvores e poeira, faz-se necessária a utilização de dispositivos de descarte de sólidos e de desvio de água dos primeiros escoamentos que precipitam sobre os telhados (a área de captação). De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos. Estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas que atendam à NBR 12213/1992b (ALVES, 2016).

Os primeiros milímetros de chuva são responsáveis pela limpeza da atmosfera e da superfície de captação através do arraste de substâncias como poeira, folhas, galhos e fezes de animais. O uso de reservatórios de descarte, conhecidos também como reservatórios de autolimpeza,

é o mais praticado. Este reservatório destina-se à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação (Ana/FIESP e SindusCon-SP, 2005).

Para a remoção de sólidos podem ser empregados sistemas filtrantes que, para esta aplicação, são mais comuns os com meio filtrante inerte e com granulometria variável. Para o descarte de folhas, gravetos e detritos pode-se também utilizar peneiras autolimpantes como as presentes nos dispositivos de descarte de sólidos disponíveis no mercado brasileiro (ALVES, 2016).

O volume do reservatório pode ser determinado por seis métodos, segundo a NBR 15527: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto (ou método brasileiro), Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

No Método de Rippl podem ser usadas séries históricas mensais ou diárias de precipitação. As equações utilizadas no Método de Rippl são (ABNT,1989):

$$St = Dt - Qt \quad (2)$$

No qual:

St = volume de água de chuva armazenada no reservatório no tempo t (m^3);

Dt = demanda de água de chuva no tempo t (m^3),

Qt = volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m^3).

O volume de água de chuva é determinado por:

$$Qt = CAP \times Pt \times A / 1.000 \quad (3)$$

Onde:

CAP = coeficiente de aproveitamento do escoamento superficial;

Pt = precipitação da chuva no tempo t (mm); e

A = área de captação (m^2)

O volume do reservatório de água de chuva receberá a nomenclatura (VR), onde VR é o somatório de St , somente para valores $St > 0$.

No Método da Simulação, a evaporação da água não é levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito. Ele é dado pelas equações 3 e 4 (TOMAZ, 2008).

$$St = Qt + St-1 - Dt \quad (4)$$

Onde,

St é o volume de água no reservatório no tempo t em horas;

St-1 é o volume de água no reservatório no tempo t - 1 em horas;

Qt é o volume de chuva no tempo t em horas;

Dt é o consumo ou demanda no tempo t em horas;

V é o volume do reservatório fixado em m³;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

$$Qt = C \times \text{precipitação da chuva (t)} \times \text{área de captação} \quad (5)$$

O método de Azevedo Neto, também intitulado Método Prático Brasileiro (BEZERRA, 2010) indica três definições para a variável de volume (V), que são o volume de chuva, o volume de chuva aproveitável e o volume de água de chuva do reservatório. O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (6)$$

Onde,

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

No Método Prático Alemão, considera-se o volume do reservatório de água de chuva como sendo 6% do menor valor entre o volume anual do consumo, que aqui se considera como volume anual da demanda de água de chuva (VD) e o volume anual de chuva aproveitável

(VAP). O volume do reservatório de água de chuva nesse método é dado pela seguinte expressão:

$$V = \text{mín} (VD; VAP) \times 0,06 \quad (7)$$

Onde,

VAP é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, em litros (L);

VD é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V adotado é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

O método Prático Inglês é semelhante ao de Azevedo Neto e apresenta a seguinte equação:

$$VR = 0,05 \times P_{\text{anual}} \times A \quad (8)$$

Onde,

VR= volume do reservatório de água de chuva (litros);

P_{anual} = precipitação da chuva média anual (mm); e

A = área de captação (m²)

No método Prático Australiano, o volume do reservatório (VR) é determinado por tentativas de forma a atender a demanda com confiança do sistema entre 90% e 99%, conforme recomendação na NBR 15527. De acordo com as equações indicadas na norma, e considerando o período de 1 ano, que foi investigado nesses estudos de caso, o reservatório deve atender à demanda por no mínimo 11 meses ao ano, para obter confiança de 91% (TOMAZ, 2008). O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (9)$$

Onde,

C é o coeficiente de escoamento superficial;

P é a precipitação média mensal (mm);

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta (m²);

Q é o volume mensal produzido pela chuva (m^3/h).

Além disso, a norma NBR 15527 destaca que a desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado clorado. Na figura 7 são apresentados os parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Figura 7 – Quadro dos 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	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT
Cor aparente	Mensal	< 15 uH

Fonte: Adaptado da norma NBR 15572.

Recomenda-se, ainda, que a tampa de inspeção dos reservatórios de água de chuva deverá ser hermeticamente fechada e que a saída do extravasor (ladrão) deverá conter grade para que não entrem animais pequenos (TOMAZ, 2008).

Ainda de acordo com Tomaz, os reservatórios podem ter quantidade elevada de coliformes fecais, clostrídio sulfito-redutor e enterococos. Portanto, é recomendável que se faça a desinfecção da água de chuva com cloro, de uma maneira bastante simples, usando dosador automático de cloro na saída da bomba de recalque, principalmente quando a água de chuva será usada em descargas de bacias sanitárias.

Quanto à manutenção do reservatório, deve-se realizar inspeção e/ou limpeza em todos os dispositivos. Na figura 8 é mostrada a frequência de manutenção em cada elemento do sistema.

Figura 8 – Quadro da frequência de manutenção dos dispositivos.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e 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: Adaptado da norma NBR 15572.

3.4.2 Tecnologias Para Minimizar O Impacto Sobre O Gasto Energético

Uma edificação deve propiciar o conforto ao seu usuário, e paralelamente ser sustentável e energeticamente eficiente. Assim, o conforto deve ocorrer, sempre que possível, por meio de aquecimento ou resfriamento natural e ter apenas apoio de sistemas artificiais, como o ar condicionado.

A eletricidade é uma forma de energia com maior diversidade de aplicações no mundo, desempenhando um papel importante no desenvolvimento econômico. O grau de desenvolvimento e a renda de uma população influenciam diretamente no consumo desse recurso. Desse modo, as escolhas realizadas na fase de projeto de uma edificação contribuem com soluções tecnológicas provenientes de fontes não renováveis.

O consumo de energia tem aumentado em todo o planeta e está relacionado com o aumento populacional, mudanças climáticas, busca por qualidade de vida e migração para áreas urbanas. Soluções na etapa de projeto podem substituir o aquecimento elétrico pelo solar, além da valorização da luz natural, implicando em um menor consumo de energia (CONTO e OLIVEIRA, 2017).

As preocupações ambientais resultantes das construções são consequência das tendências pelo maior uso de equipamentos elétricos, aumento do tamanho das habitações e a instalação de ar condicionado (CONTO e OLIVEIRA, 2017).

Entre as diversas alternativas para aumentar a eficiência energética e a sustentabilidade das edificações está o aquecimento solar de água e ambientes, em substituição às formas

tradicionais de energia (RUSSI, 2013). Esse sistema utiliza a energia solar para realizar o aquecimento da água, utilizada em chuveiros, por exemplo.

O aquecimento solar de água para consumo é uma alternativa importante pois o chuveiro elétrico responde pela maior parcela de consumo de energia elétrica residencial (ROSSI, 2013). Segundo estimativa do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL (2005), calcula-se que o chuveiro consome de 6,2% a 8,7% do total de energia elétrica produzida no país. O uso da radiação solar, portanto, gera a uma redução significativa de energia.

A radiação solar pode ser usada diretamente como fonte de energia térmica para o aquecimento de ambientes, quando a edificação permite a entrada da radiação solar e para o aquecimento de fluidos, como a água, utilizados no armazenamento de energia térmica. Além disso, a radiação é uma fonte de energia para a geração de eletricidade através de sistemas de energia solar fotovoltaico (ANEEL, 2005). Tais aplicações reduzem a demanda da energia elétrica da rede de distribuição, economizando os insumos das outras fontes de geração, como termoelétricas e usinas hidrelétricas.

No Brasil, os sistemas de aquecimento de água solar são mais encontrados nas regiões Sul e Sudeste, devido a características climáticas. Já os sistemas de energia solar, são mais encontradas nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades sem rede de energia elétrica (ANEEL, 2005). No primeiro caso, influencia diretamente na redução da demanda da energia das redes públicas e a segunda, minimiza o isolamento do usuário das grandes redes de distribuição de energia elétrica.

Entre as fontes renováveis de energia, a energia solar é claramente uma opção promissora, sendo perene e disponível. Em termos de custos, a energia solar atinge níveis mais competitivos com relação a outras fontes de energia, ou seja, pode beneficiar o meio ambiente e economia e desenvolvimento de países, além de servir para sustentar a vida de milhões de pessoas desfavorecidas (DA SILVA, 2018).

Uma das formas de aproveitamento da energia solar comumente utilizada é o aproveitamento térmico para aquecimento de fluídos por meio do uso de coletores ou concentradores solares para aquecimento de água em residências e comércios. Basicamente, os aquecedores solares são equipamentos constituídos por uma caixa de forma geométrica retangular,

hermeticamente fechada, contendo no seu interior uma chapa plana ou ondulada pintada de preto fosco, tendo como cobertura, uma lâmina de vidro plano transparente (RUAS, 2009). O princípio de funcionamento desses equipamentos se baseia na captação e transformação da energia solar foto térmica em calor que pode ser utilizado para aquecimento de fluídos líquidos ou gases.

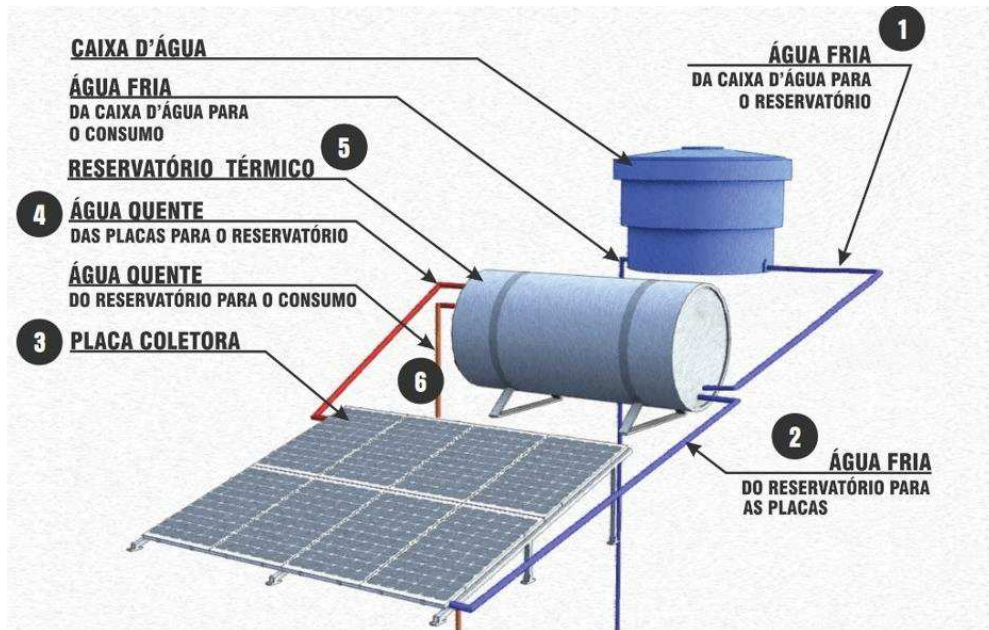
Depois de aquecidos, os fluídos podem ser armazenados em reservatórios termicamente isolados até seu uso final, proporcionando conforto e redução no consumo de energia elétrica (RUAS, 2009). Pela periodicidade da variação da radiação solar, os coletores solares são conectados a reservatórios termicamente isolados para armazenagem da água por eles aquecida, comumente chamados boilers (INMETRO, 2008).

Utilizar a energia solar para geração de energia elétrica é uma opção que não só é uma alternativa de baixo custo, com muitas vantagens, mas também é um meio ecologicamente correto (DA SILVA, 2018).

Nas cidades, o sistema de aproveitamento da energia solar mais utilizado é para o aquecimento de água em residências. Com a utilização do sistema solar, a conta de luz passa a ser bem menor, pois todo o consumo será apenas da iluminação doméstica e dos eletroeletrônicos (DA SILVA, 2018).

A NBR 15569 (ABNT, 2008, p. 4) classifica o sistema de aquecimento solar (SAS) como um “sistema composto por coletor solar, reservatório térmico, aquecimento auxiliar, acessórios e suas interligações hidráulicas, que funciona por circulação natural ou forçada”. Na Figura 4 é apresentado um típico sistema de aquecimento solar.

Figura 9 - Sistema de aquecimento solar (SAS).



Fonte: Adaptado de Maidana (2017).

3.4.2.1 Estruturas Do Sistema De Aquecimento Solar

A circulação natural ou por termossifão é um sistema de aquecimento solar que ocorre devido ao fenômeno de termossifão, que consiste em um circuito onde o fluido de trabalho circula entre uma região quente e uma região fria. É um sistema de troca de calor. A circulação forçada é um sistema de aquecimento solar no qual a circulação de água ocorre devido à ação de pressão externa no circuito hidráulico, como uma motobomba (ABNT, 2008).

O coletor solar é um dispositivo onde se pode verificar a transmissão do calor por meio de três processos: condução, convecção e radiação. A energia solar que incide por radiação é absorvida pelas placas coletoras que conduzem a energia para a água, por meio do percurso das tubulações de cobre do sistema, sendo que uma pequena quantidade de energia é refletida. A eficiência é realizada pela proporção das parcelas de energia absorvida pela água em relação à quantidade total de energia incidente. O coletor de placa plana se mostrou economicamente viável para utilização de banhos domésticos em todas as regiões do Brasil (SANTOS, 2019).

A NBR 12269 (ABNT, 2006) define coletor solar como um dispositivo que absorve a radiação solar incidente transferindo-a para um fluido de trabalho, sob a forma de energia

térmica. Os coletores solares devem ser posicionados de forma a receber a maior quantidade de radiação solar.

Dessa forma, três aspectos devem ser observados para melhorar o aproveitamento de energia disponível: orientação geográfica, ângulo de inclinação com a horizontal e o não sombreamento. Os coletores devem ser instalados voltados para o Norte geográfico, com desvio máximo de até 30°. O ângulo de inclinação em relação à horizontal deve ser equivalente ao ângulo da latitude local. Entretanto, recomenda-se utilizar uma inclinação igual à latitude mais 10° para otimizar o ganho no inverno, de acordo com a norma (ABNT, 2006).

Devido à disponibilidade de energia ao longo do dia no Brasil, um país tropical, é necessário armazenar a energia acumulada de forma a poder utilizar em momentos de escassez de energia solar. O reservatório térmico tem como função, portanto, regular o fornecimento de água quente para o sistema, que funciona como um sistema de acumulação. É utilizado, pois o pico de consumo do usuário para fins residenciais normalmente não coincide com o período de geração de água quente.

Quanto à posição de instalação, existem dois tipos de reservatórios: horizontais e verticais. Entretanto, o reservatório horizontal é o tipo mais utilizado em empreendimentos residências devido à maior disponibilidade no mercado (SOUZA, 2019).

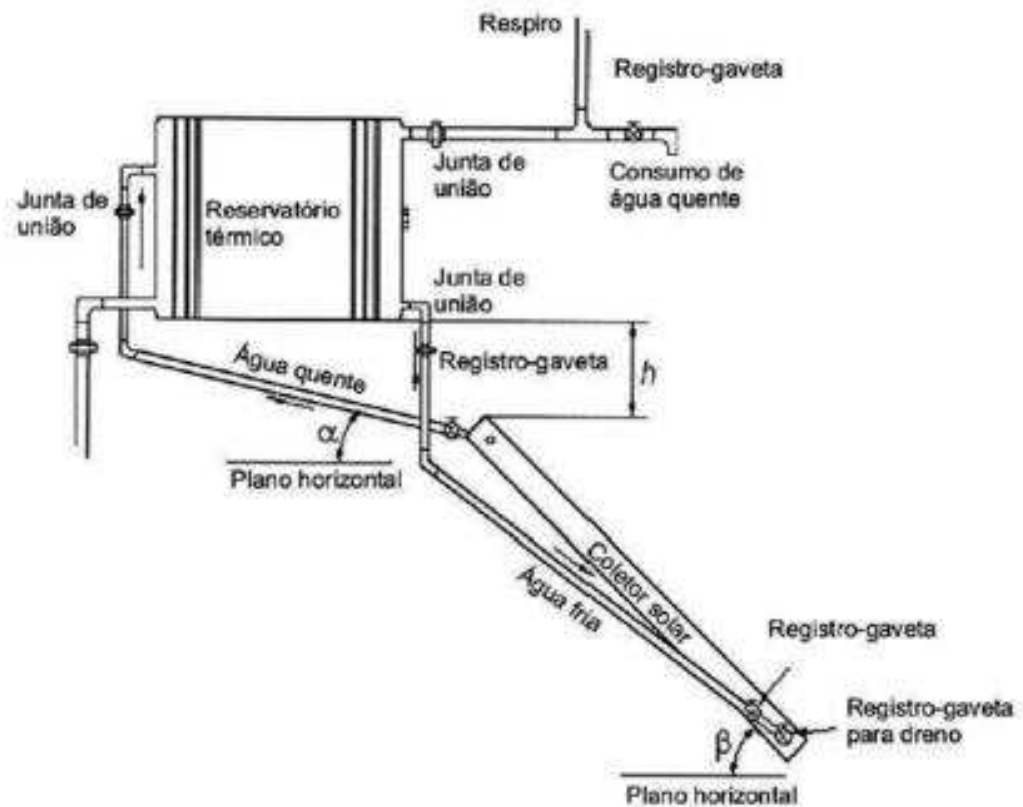
O método de cálculo do reservatório, não é simples de mencionar, contudo deve ser refinado e para isso diversos parâmetros devem ser considerados, como a latitude do local e as condições climáticas. A latitude influencia na radiação solar, pois é dela que depende a inclinação dos raios solares; quanto maior a inclinação dos raios solares, menor é a energia térmica que a superfície do globo terrestre recebe. Alguns fatores são diretamente influenciados pelo clima da região, como a temperatura média do ar e a temperatura da água, por isso também são considerados no método de cálculo. Em média, para cada 100L (litros) de água para aquecimento se faz necessário 1m² (metro quadrado) de painel solar (DA SILVA, 2018).

O dimensionamento de todo o sistema é norteado pela norma ABNT NBR 15569, que trata do sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação. O objetivo do dimensionamento é determinar a área coletora e o volume necessário para atender à

demanda de energia útil de um determinado perfil de consumo, sendo necessário determinar o consumo, volume do boiler, demanda de energia e perdas e a área coletora.

O sistema de aquecimento de água, segundo a NBR 15569, é composto por reservatório, coletor solar, registro de gaveta e as tubulações. Na Figura 5 é mostrado o esquema contemplando ao sistema de aquecimento solar.

Figura 10 - Esquema de sistema de aquecimento solar de água.



Fonte: ABNT NBR 15569.

3.4.4 Tecnologias Para Melhorar O Conforto Térmico Nas Edificações

O desempenho térmico das edificações é um elemento construtivo de habitabilidade, no qual diversos requisitos devem ser preenchidos de maneira a atender os índices preestabelecidos de conforto térmico. O conforto térmico é alcançado quando o estado mental é de satisfação em determinado ambiente (SOARES, OLIVEIRA e SANTOS, 2016).

A norma de desempenho das edificações NBR 15575 (ABNT, 2013) tem por objetivo melhorar a qualidade e promover a garantia do atendimento às exigências dos usuários. O

desempenho das edificações deve atender às exigências e às necessidades dos usuários, onde o projeto das edificações deve buscar condições de durabilidade, conforto e segurança.

Os elementos determinantes do desempenho térmico das edificações são as paredes e a cobertura. Dessa maneira, a qualidade do desempenho térmico da habitação está relacionada aos materiais constituintes e à zona climática em que a habitação está situada (SOARES, OLIVEIRA e SANTOS, 2016).

A cobertura é a parte da edificação mais exposta à radiação solar, transmitindo essa carga térmica aos ambientes cobertos, o que tem influência direta sobre o consumo de energia devido ao condicionamento e ventilação artificial do ar. Diversos tipos de cobertura são habitualmente utilizados na construção civil, e há a necessidade de se utilizar soluções construtivas sustentáveis (SOARES, OLIVEIRA e SANTOS, 2016).

O conceito de conforto térmico está diretamente ligado à sensação de bem-estar do ser humano frente a uma determinada situação, tipo de atividade e local onde ele se encontra. O projeto arquitetônico eficiente deve levar em conta o conforto, com a minimização dos efeitos negativos, que possam causar algum tipo de desconforto aos ocupantes ou prejudicar o rendimento de suas atividades (DALVITE, 2016).

Nesse contexto, salientam-se a importância e preocupação com o conforto nas edificações escolares, já que possuem relevância indiscutível na formação do ser humano e importância vital para o contexto social, cultural e econômico de um país.

Essas necessidades de conforto envolvem variáveis, dentre as quais se destacam as condições acústicas, térmicas e lumínicas dos locais. O ambiente escolar deve proporcionar condições adequadas de conforto, garantindo o bem-estar dos ocupantes e estimulando a realização das tarefas.

A norma de desempenho das edificações NBR 15575 (ABNT, 2013) tem por objetivo principal melhorar a qualidade e promover a garantia do atendimento às exigências dos usuários de edificações habitacionais, sendo de muita importância também para a modernização tecnológica na construção civil brasileira.

A zona bioclimática determina as táticas que um edifício deve seguir para obter o conforto térmico de seus ocupantes. Essa zona é o resultado geográfico do cruzamento de três tipos

diferentes de dados: zonas de conforto térmico humano, dados climáticos, e estratégias de projeto e construção para alcançar o conforto térmico (SOARES, 2016).

A NBR 15220-3 (ABNT, 2003) apresenta os oito zoneamentos bioclimáticos brasileiros. As regiões são divididas de acordo com a homogeneidade do clima, e a classificação foi realizada levando em consideração 330 cidades brasileira (ABNT, 2003). Para cada uma das zonas bioclimáticas, foi preconizado pela NBR 15520-3 (ABNT, 2003) diretrizes construtivas que objetivaram estratégias de condicionamento térmico passivo. Para tanto, levaram-se em consideração parâmetros e condições de contorno como: tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas e estratégias de condicionamento térmico passivo.

A cobertura é o elemento do envolvente mais exposto à radiação solar, e está sujeita às maiores variações de temperatura, pela exposição direta ao sol. A cobertura é parte integrante do telhado, assim como o engradamento. Por engradamento entende-se um conjunto de elementos como suportes, peças de assentamento e peças para o contraventamento (SOARES, 2016).

Ao analisar os materiais, deve-se levar em consideração as propriedades térmicas dos materiais, que consistem na maneira na qual o é calor fornecido ou removido do material. A condutividade térmica (K) é a capacidade que um corpo possui de conduzir calor, ocorrendo de modo que o calor passa da região de temperatura mais alta para onde a temperatura é mais baixa, sendo metais bons condutores por haver um número relativamente elevado de elétrons livres. A resistência térmica (R) é expressa pela capacidade que um material ou corpo possui de resistir a passagem de calor, sendo dependente de sua espessura, e a condutividade térmica (ABNT, 2003).

A transmitância térmica (U) é definida como o nível que se pode isolar termicamente em relação à porcentagem de energia que atravessa um corpo / material, sendo seu número inversamente proporcional à resistência, ou seja, quanto menor for a transmitância térmica, maior será seu potencial de isolamento. Por fim, a emissividade de um material (ϵ) condiz com a capacidade de emitir energia por radiação de sua superfície, sendo possível quando um corpo possuir temperatura superior a zero Kelvin. O valor ϵ de cada material depende da superfície e do acabamento, e varia conforme a temperatura na qual se encontra e o comprimento de onda da radiação emitida (ABNT, 2003).

Uma edificação permanece em todo o seu tempo exposta à radiação solar, sendo parte do calor absorvido. Os elementos, quando expostas a essa radiação, são classificados em:

- a) Opacos – Parte da radiação é absorvida e parte dela é dissipada ou refletida para o exterior; e
- b) Transparentes ou Translúcidos – Uma parte da radiação consegue penetrar para o meio oposto, além da parcela que é dissipada para o mesmo meio (FROTA, 2001).

O primeiro passo para se obter um bom conforto térmico em uma edificação é pensar em seu exterior. A quantidade de calor gerada à medida em que o sol incide sobre a edificação recebe o nome de *ganho solar*, sendo seu valor sujeito ao projeto arquitetônico, proporção das áreas envidraçadas, calor refletido, nível de isolamento e à presença quantificada de elementos que estejam sombreando a edificação em sua envoltória (FROTA,2001).

De acordo com Soares (2016), a cobertura e a ventilação são os elementos construtivos mais importantes na análise do conforto térmico de uma edificação. A previsão de aberturas auxilia a ventilação das edificações em momentos nos quais a temperatura externa é inferior a interna. As construções e coberturas nesse clima também não devem ter uma inércia muito grande (tempo em que temperatura de um edifício se iguala a de seu entorno), já que isto dificulta a retirada do calor que é acumulado durante o dia, dificultando o resfriamento da edificação durante a noite.

Além disso, o ruído é um elemento analisado para o conforto dos usuários. O ruído consiste em todo som indesejado, e quando se encontra em níveis elevados, pode gerar efeitos adversos no corpo humano, como aumento da pressão arterial, queda de desempenho e perturbação do sono.

De acordo com Souza (2012), os projetos arquitetônicos, quando são inseridos corretamente dispositivos de isolamento acústicos, a propagação do som é distribuída, visto que o mesmo tende a perder sua intensidade conforme aumenta a distância entre o receptor e a fonte. Entretanto, o som não perde sua intensidade apenas dessa maneira, o fato de os materiais também possuírem uma capacidade de absorção contribui para que isso ocorra. Uma parcela da energia do som é refletida, enquanto a outra é absorvida, sendo sua absorção diretamente proporcional à porosidade do material.

Em locais para esporte como pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas, deve ser de 45-60 dB, como recomenda a NBR 10152, porém, alguns casos até passam esse número. Para o tratamento acústico o ambiente deve

proporcionar boas condições de audibilidade, utilizando-se de uma boa arquitetura ou revestimentos com boa absorção acústica; cuidar de ruídos externos que possam interferir na boa audibilidade do interior; e bloquear ruídos produzidos no interior que possam causar perturbações no entorno (CARVALHO, 2010).

Isolar acusticamente uma edificação significa bloquear todos os ruídos produzidos por ela para o exterior, bem como inibir a presença de som externo dentro da edificação. Os fatores que implicam no isolamento acústico são a metragem de uma parede, a transmissibilidade média do material que a compõe e a existência ou não de aberturas (CARVALHO, 2010). No que se refere ao isolamento de paredes, é necessário verificar qual sistema construtivo é mais indicado, já que seu isolamento pode ser por meio de paredes de alvenaria, duplicando-as para torná-las mais maciça, uso do sistema *drywall* ou mista, ou utilizando os dois métodos. Paredes em sistema *drywall* recebem em seu interior uma camada de lã de mineral, sendo o isolamento do som ampliado à medida que seu interior se torna maior.

A abertura da edificação é importante pois os sons de baixa frequência conseguem se propagar com maior facilidade, sendo necessário o isolamento de portas e janelas. É possível encontrar no mercado hoje diversos métodos de isolamento acústico em esquadrias, como o vidro duplo com câmara de ar e o vidro duplo com filme flexível.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo realizou-se uma pesquisa do tipo descritiva-quantitativa, com levantamentos e/ou observações do problema escolhido, por meio da coleta e registro de dados e informações da edificação em estudo obtidos in loco.

A metodologia utilizada neste trabalho está dividida em três fases. A primeira fase compreende a caracterização do ginásio esportivo do campus I, do CEFET/MG, e envolve visitas ao local para avaliar os aspectos construtivos, os materiais utilizados, dimensão das portas e janelas, usos da água e de energia e dispositivos de escoamento de água pluvial. Nessa etapa foram observados os diâmetros e traçado das tubulações de águas pluviais existentes, bem como de abastecimento de água.

Além disso, uma comparação das plantas da edificação, disponibilizadas pela Prefeitura do Campus I, com o cenário atual, foi realizada, com o objetivo de identificar alguma alteração no projeto. Foram estimados também o consumo de água e energia na edificação com base no consumo geral do campus I, a partir de dados e informações obtidos junto à Prefeitura do Campus I. Assim, analisaram-se os usos de água quente na edificação de estudo, bem como os locais potenciais para uso de água provenientes do aproveitamento de águas pluviais.

Após a pesquisa bibliográfica e o levantamento das características da edificação, bem como dos potenciais usos de água e energia, iniciou-se a segunda fase que consiste na análise e proposição de medidas sustentáveis à área de estudo. Nesta fase, foram realizados a concepção e o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial, com a comparação de cenários de disponibilidade de água e confiabilidade do sistema de água pluvial a ser proposto, bem como a análise de custo de sua implantação. O sistema de aproveitamento de energia solar foi proposto e dimensionado e, posteriormente, realizada uma análise econômica por meio da análise dos custos relativos à sua implementação.

Além disso, avaliou-se o conforto térmico do ginásio, com a observação da orientação solar das aberturas, os fechamentos, o sistema de ventilação, entre outros aspectos que influenciam na sensação de desconforto no inverno e no verão. Nesta etapa, foram propostas medidas aplicáveis ao contexto da edificação de forma a propiciar e/ou melhorar o conforto térmico e a redução do consumo de energia.

Finalmente, a terceira fase consiste na análise crítica das medidas, com o objetivo de selecionar as melhores medidas aplicáveis à edificação em estudo, de acordo com o custo associado para implantação de cada modificação. Essa fase, portanto, resume as melhores medidas e cenários aplicáveis para tornar a edificação uma construção mais sustentável, bem como reduzir os custos operacionais para a instituição.

O complexo poliesportivo do Campus I, do CEFET/MG, conta com uma infraestrutura, prioritariamente, destinada às atividades de ensino, pesquisa, extensão e demais atividades pedagógicas da Educação Física, e é composta de quadra externa poliesportiva com pequena arquibancada; campo de futebol soçaito em grama sintética; pista de atletismo adaptada com quatro raias; duas áreas para saltos adaptadas com caixas de areia; setor de arremesso de peso adaptado; setor de salto em altura; além de jardins e gramados no entorno do complexo, que

se constituem também em espaços de atividades e aulas, além de convivência. Essa área totaliza 2100,00 m² (0,21 ha) de área construída.

O local recebe turmas de educação física, entre os horários de 7:00 às 18:20, sendo utilizado por alunos do ensino técnico do CEFET-MG, e também por qualquer aluno da instituição, em horários noturnos, até às 22:30. Na Figura 6 são apresentados o complexo poliesportivo e a área de estudo.

4.1 Área De Estudo: Ginásio Esportivo Do Campus I do CEFET/MG

A edificação escolhida neste estudo é o ginásio esportivo do Campus I, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, localizado na Avenida Amazonas, número 5253, bairro Nova Suíça, na região oeste de Belo Horizonte – MG. A edificação fica nas coordenadas geográficas 19°55'47.27"S e 43°58'34.90"O (WGS84), na altitude de 880m.

O ginásio, que pertence ao Departamento de Educação Física e Desporto (DEFISD), está instalado no complexo esportivo do Campus I do CEFET-MG, e conta com duas quadras, salão de ginástica, sala de dança, mini almoxarifado, três vestiários e outras quatro salas onde estão instaladas uma sala de aula tradicional, a Secretaria do DEFISD, a sala de materiais e uma sala de convivência.

Figura 11 - Localização do ginásio esportivo do campus I do CEFET-MG.



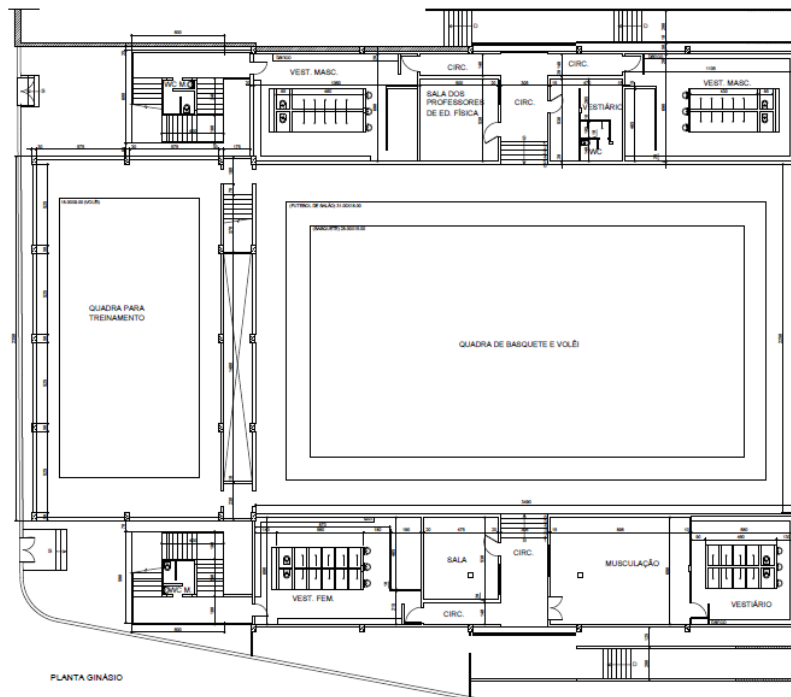
Fonte: Google.

4.1.1 Caracterização Da Área De Estudo

Foram realizados levantamentos de dados e informações da área de estudo, como as plantas e cortes do projeto arquitetônico, elementos construtivos da parede e cobertura, bem como as áreas dos ambientes e as atividades desenvolvidas neles, junto à Prefeitura do Campus. Foi realizado também um levantamento *in loco* de forma a atualizar possíveis alterações nas plantas baixas obtidas.

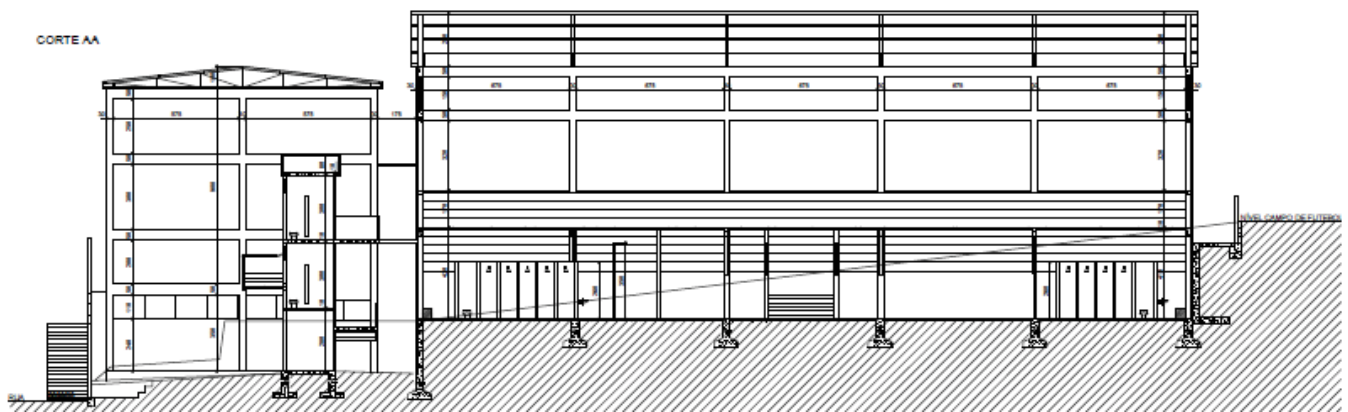
Essas informações são essenciais para o dimensionamento da estrutura e a proposição de melhorias de forma a tornar a edificação mais sustentável. Nas Figuras 7 e 8 são apresentadas a planta baixa da edificação de estudo, bem como o corte com a altura e cobertura da edificação.

Figura 7 - Planta baixa da edificação de estudo no primeiro pavimento.



Fonte: Projeto arquitetônico da edificação.

Figura 8 – Corte da edificação de estudo.



Fonte: Projeto arquitetônico da edificação.

4.2 Levantamento Dos Pontos De Consumo De Água

De acordo com Souza (2016), alguns parâmetros de engenharia como área de jardim, vazão de água utilizadas nos vasos sanitários e mictórios, além de atividades de limpeza geral nos prédios, lavagem de carros, dentre outros devem ser levantados para se prever o consumo de água no campus universitário.

Tendo em vista os dimensionamentos propostos, foi realizado um levantamento na área de estudo com o objetivo de elencar os pontos de consumo de água fria e quente, bem como a finalidade desse consumo. A partir dessa identificação, elaborou-se uma planta baixa com os pontos de consumo de recursos hídricos potáveis e não potáveis, bem como o consumo de água quente.

Em estudo realizado por Souza (2016), a água utilizada na universidade possui dois fins distintos. O primeiro, e mais nobre uso, diz respeito à utilização para higiene pessoal, bebedouros e na preparação de alimentos. O segundo trata da parcela destinada aos usos não potáveis como lavagem de carros e calçadas, irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários. Os levantamentos e caracterização dos usos finais de água se dará de acordo com os cenários diferentes analisados, de acordo com volume de armazenamento da água de chuva.

Assim, foi realizada a estimativa de consumo em função dos dispositivos e o número de alunos que o utilizam. O custo de água potável do campus I foi analisado, com base nas contas mensal de cobrança obtido junto à Prefeitura do Campus. A concessionária local, Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), disponibilizou, na sua conta de água, os valores de consumo dos 12 últimos meses.

4.3 Dimensionamento Do Sistema De Aproveitamento De Água Pluvial

Para realização da concepção e dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial, foram levantados inicialmente quais seriam os usos da água da chuva no ginásio, bem como suas demandas.

A edificação possui pontos de consumo no vestiário masculino e feminino, em 3 banheiros individuais e em 3 torneiras externas para lavagem do pátio. Cada vestiário é composto de

20 chuveiros, 4 bacias sanitárias e 6 lavatórios. O dimensionamento dos componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial foi realizado conforme o Quadro 6.

Figura 12 – Quadro dos parâmetros, elementos e método de dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva na área de estudo.

Parâmetro/ Componente	Método de dimensionamento/ Fórmula
Área de contribuição - A (m ²)	NBR ABNT 10844
Intensidade pluviométrica - I (mm/h)	NBR 10844/ 89
Vazão de projeto – Q (L/min)	NBR 10844/ 89
Calhas	NBR 10844/ 89
Condutores verticais	NBR 10844/ 89
Condutores horizontais	NBR 10844/ 89
Reservatório	NBR ABNT 15527
Dispositivo <i>first flush</i>	TOMAZ (2008)

Os condutores verticais e horizontais se relacionam com as instalações prediais de águas pluviais convencionais e sua determinação leva em conta a vazão que passa por tais condutos. A vazão, por sua vez, é determinada de acordo com a área de contribuição e a intensidade pluviométrica de cada localidade.

No dimensionamento do reservatório foram utilizados os métodos apresentados no anexo da NBR 15527.

Os resultados do volume armazenado e a confiabilidade serão comparados por meio de uma planilha eletrônica.

4.4 Dimensionamento Do Aproveitamento De Energia Solar

Serão analisados os usos potenciais de energia solar, bem como realizar o dimensionamento do sistema de aproveitamento de energia solar, e a análise da economia de energia do sistema proposto. O dimensionamento consiste na determinação do consumo de água quente, com base nas exigências das normas da NBR – 7198/93. São parâmetros de dimensionamento das tubulações de água quente, abordado pela norma citada anteriormente, a vazão e a pressão nos condutos.

Será utilizado um sistema composto de um auxiliar elétrico com um resistor elétrico dentro do reservatório, para funcionamento integrado ao sistema de aquecimento solar. O funcionamento do sistema de aquecimento solar de água se dará com circulação em termossifão, em regime de acumulação (ABNT,2008).

Para a orientação geográfica do coletor solar, será utilizado o preconizado pela ABNT, onde os painéis coletores devem ser instalados orientados para o norte geográfico, com desvio de até 30°. Sugere-se também que o ângulo de inclinação dos coletores solares seja igual ao da latitude do local acrescido de 10°, bem como que se tenha uma inclinação de no mínimo de 15°.

Primeiramente, realizou-se o cálculo da quantidade de água que será consumida na edificação ($V_{consumo}$). Para isso, leva-se em consideração a vazão das peças de utilização e o tempo de utilização, considerando a frequência de uso. O boiler para o aquecimento solar é norteado pela ABNT NBR 15569, no qual o volume do boiler é dado pela seguinte expressão:

$$V_{consumo} = \sum Q \times t \times \text{frequencia de uso} \quad (10)$$

Onde:

$V_{consumo}$ é o volume total de água quente consumido diariamente (m^3);

Q é a vazão da peça de utilização (m^3/s);

T é o tempo médio de uso de uso da peça de utilização (s);

Frequência de uso é o número total de utilizações da peça por dia.

De acordo com as dimensões do reservatório considerado ótimo para o atendimento das demandas da edificação serão alocados o reservatório e o boiler. Devido ao tamanho e ao peso dessas estruturas, a definição de sua localização será realizada com base nas plantas e cortes da edificação.

Para a placa coletara, têm-se os valores apresentados para

$$V_{arm} = \frac{V_{consumo} \times (T_{consumo} \times T_{ambiente})}{T_{armzenmento} - ambiente} \quad (11)$$

Onde,

V consumo é o volume de consumo diário (m³)

V armazen é o volume do sistema do SAS (m³)

T consumo é a temperatura de consumo (°C)

T armazen é a temperatura de armazenamento da água (°C)

T ambiente é a temperatura ambiente do local (°C)

Para a demanda de energia, têm-se que :

$$E_{util} = \frac{V_{armz} \times \rho \times C_p \times (T_{arm} - T_{ambiente})}{3600} \quad (12)$$

Onde:

E útil é a energia útil, expressa em quilowatts hora por dia (kwh/dia)

V armazen é o volume do sistema do SAS (m³)

P é a massa específica da água igual a 1000 (kg/m³)

Cp é o calor específico da água igual a 4,18 (kJ/KG)

T armazen é a temperatura de armazenamento da água (°C)

T ambiente é a temperatura ambiente do local (°C)

E a área coletora

$$A_{coletora} = \frac{(E_{Util} + E_{perda}) \times FC_{instal} \times 4,901}{PMDEE \times I_G} \quad (13)$$

Onde,

A coletora é a área da coletora (m²)

I_G é o valor da irradiação global (kWh.m².dia)

Eutil é a energia útil em (kWh/dia)

E perdas é o somatório das perdas térmicas (kWh/dia)

PMDEE é a produção média diária de energia específica do coletor solar ((kWh/m²)

4.5 Conforto Térmico

Os elementos determinantes do desempenho térmico das edificações são as paredes e a cobertura, denominadas também de envoltentes das edificações. Dessa maneira o bom desempenho térmico da habitação depende dos materiais constituintes dessas envoltentes e da zona climática em que a habitação está situada (SOARES,2016).

Partindo da análise da estrutura e os materiais utilizados nos envoltentes da edificação, será possível a proposição das medidas potenciais a serem implementadas no ginásio, de modo a melhorar o bem-estar dos alunos que o utilizam, bem como promover economia no sistema.

4.5 Proposição De Medidas E Análise Crítica

A partir do dimensionamento das estruturas e da proposição de elementos que melhorem o conforto térmico da edificação, será realizado um projeto final com os sistemas propostos, bem como a análise dos custos envolvidos na execução dessas medidas na edificação.

A definição dos custos de implantação terá como base o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, que é um sistema de pesquisa que informa os custos de projetos e índices da construção civil. O sistema baseia-se em pesquisas que mostram mensalmente preços de materiais, de equipamentos de construção e de salários, em todas as capitais dos estados brasileiros, como também calcula preços de projetos residenciais, comerciais, saneamento básico, entre outros (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2019).

Essa análise deve levar em consideração o custo para a implantação do sistema, o benefício gerado para a instituição, a durabilidade da estrutura, bem como a necessidade de manutenção.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização Da Área De Estudo

O ginásio esportivo do campus I possui revestimento em bloco de concreto em quase toda a edificação e cerâmico na parte superior. Além disso, o mesmo possui estrutura em concreto. O bloco de concreto é um material aplicado como estrutural, ou seja, faz parte da estrutura

integrada, ou vedação, servindo de auxílio de vigas e pilares (RODRIGUES, 2019). Os blocos de concreto podem ser classificados, segundo a NBR 6136 (2006) como:

Classe A: com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo; Classe B: com função estrutural para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo; Classe C: com função estrutural para uso em elemento de alvenaria acima do nível do solo; Classe D: sem função estrutural para uso de elemento acima do nível do solo.

Na figura 13 a seguir, é possível identificar a visão geral do ginásio, bem como os elementos que o compõe. A sustentação do telhado se dá por meio de concreto.

Figura 13 - Visão geral do ginásio do CEFET-MG.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A cobertura é sustentada por vigas e pilar de concreto. A canalização de drenagem é do tipo de PVC. Na Figura 14 é apresentada a vista do fundo do ginásio secundário instalado atrás do ginásio principal.

Figura 14 - Ginásio secundário do CEFET-MG.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A cobertura possui telhas de fibrocimento (Figura 15), que constituem a solução de cobertura mais barata em relação aos diversos sistemas disponíveis com outros tipos de cobertura (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Figura 15 - Sistema de cobertura do ginásio do CEFET-MG.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi possível identificar a presença de 8 sistemas de exaustores eólicos na cobertura da edificação. O sistema é um tipo de exaustor giratório acionado pela energia cinética do vento com o intuito de renovação do ar ambiente na edificação. O vento que permeia as palhetas do exaustor promove o giro do aparelho, retirando o ar quente na parte superior da edificação para fora da mesma. Em condições de ausência de vento, o sistema funciona como meio de ventilação natural (CAMPONEZ, 2004).

Além disso, foi possível observar que local já possui sistema de drenagem da água pluvial, na Figura 16, que é lançada no sistema de drenagem de Belo Horizonte. O sistema atualmente principal é constituído por 12 tubulações verticais, sendo 6 em cada lateral. Além disso, cada conduto vertical possui cerca de 35 m de tubulação.

Figura 16 - Sistema de drenagem atual do ginásio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a análise, no dia 12 de junho de 2019, na edificação de estudo, foi possível verificar que as dimensões e estruturas estão de acordo com planta da edificação, ou seja, não foram realizadas mudanças na estrutura da edificação em estudo em relação à planta baixa e aos cortes da edificação disponibilizados pela Prefeitura do Campus I.

De acordo com a planta, a edificação conta com os seguintes usos de recursos hídricos:

Figura 17 - Quadro dos usos de recursos hídricos no ginásio do CEFET/MG.

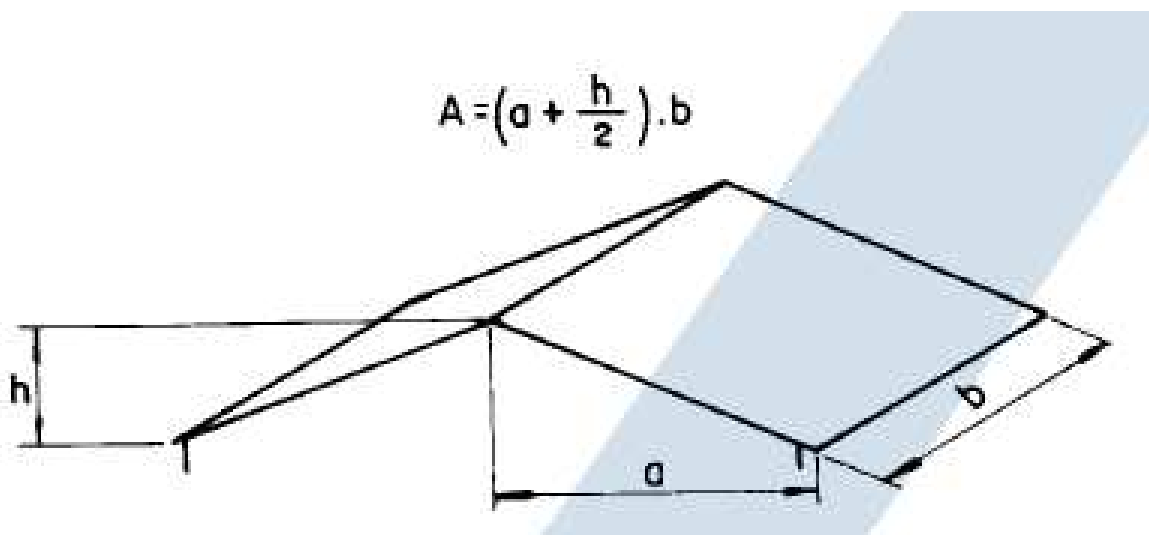
Local	Usos
Vestiário Masculino	20 chuveiros, vaso sanitário, 4 vasos e 6 lavatórios
Vestiário Feminino	20 chuveiros, vaso sanitário, 4 vasos e 6 lavatórios
Banheiros	3 lavatórios e vasos
Torneiras externas	3 torneiras com mangueiras

Fonte: CEFET (2019).

5.2 Aproveitamento De Água De Chuva

O primeiro parâmetro calculado no dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva é a área de captação que, de acordo com a ABNT, deve considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura. O croqui apresentado na Figura 18 apresenta o cálculo realizado para o telhado simples de duas águas.

Figura 18 – Cálculo da área de captação.



Fonte: ABNT (1989).

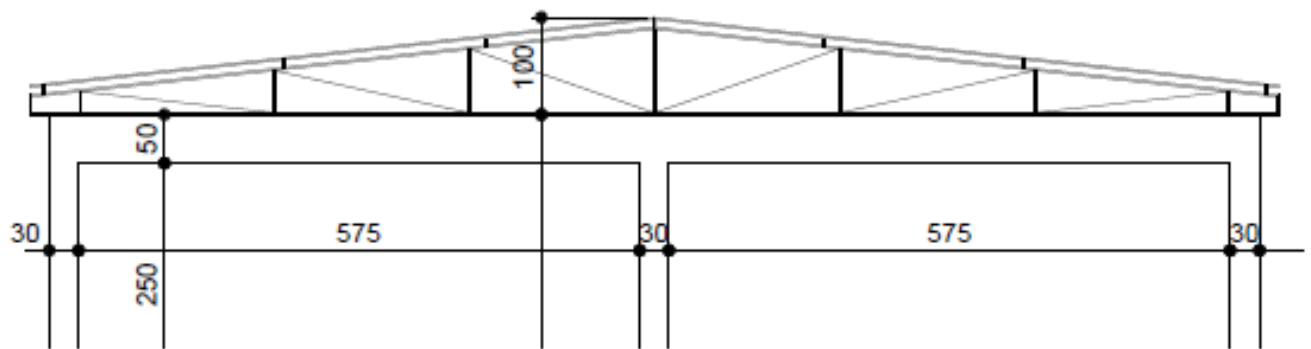
Devido à grande quantidade de área disponível de captação, de cerca de 1400 m², foi proposto 3 cenários distintos para avaliar seus impactos no projeto e aplicar a melhor solução para a edificação. O primeiro cenário contempla toda a área de cobertura do Ginásio Secundário, o segundo com apenas metade do telhado do ginásio principal e o último com toda a área de cobertura do Ginásio Principal.

O cenário 1 corresponde à área da cobertura do Ginásio Secundário, localizado atrás do ginásio principal. Na Figura 12 é mostrada a cobertura do mesmo que possui superfície inclinada, sendo que possui comprimento de 23,50 m (b), largura da projeção horizontal de 12,32 m (a). O telhado possui altura de 1 metro. Para cada “água” do telhado, têm-se 156,275 m², como pode ser observado no cálculo abaixo.

$$A_1 = (12,32 + \frac{1}{2}) \times 23,50 = 156,275 \text{ m}^2 \quad (14)$$

Ao todo, tem-se para o cenário 1, área de captação de água de 312,55 m². A figura 19 a seguir destaca a localização do ginásio principal.

Figura 19 – Corte da área de cobertura do ginásio secundário do CEFET/MG.



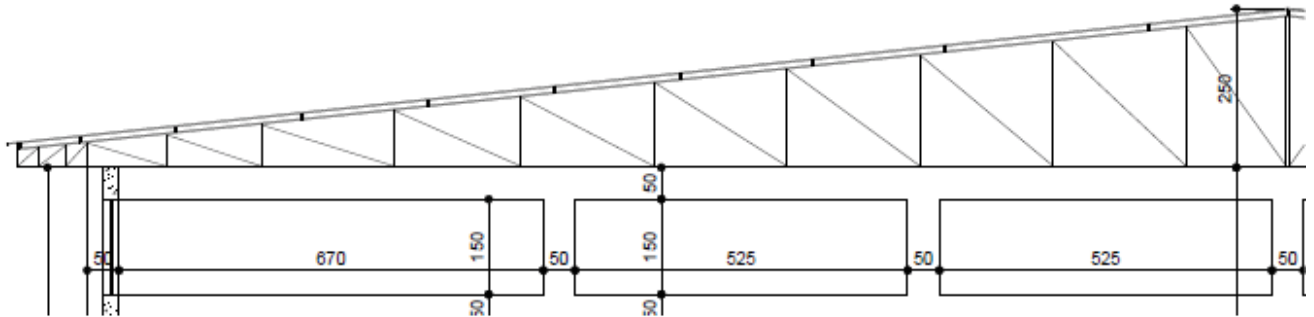
Fonte: Elaborado pelo autor.

O Cenário 2 corresponde à metade do telhado principal, sendo utilizado, portanto, apenas uma das águas do telhado, que possui 35,25 metros de comprimento, 37,90m de largura da projeção horizontal e 2,5 m de altura.

$$A_2 = (18,95 + 2,5/2) \times 35,25 = 712,05 \text{ m}^2. \quad (15)$$

O telhado possui uma simetria entre as suas partes, ou seja, os seus lados são idênticos. A figura 20 ressalta o corte da área de cobertura do ginásio principal do CEFET/MG.

Figura 20 – Corte da área de cobertura do ginásio principal do CEFET/MG.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, o último cenário corresponde a toda a cobertura do Ginásio Principal, sendo o dobro do cenário 2, utilizando as duas águas do telhado. A área de captação total é de 1424,1 m².

Apesar das estruturas de escoamento da água pluvial já se encontrarem instaladas e dimensionadas, foi realizado o dimensionamento da vazão de projeto, com base na intensidade pluviométrica “I” do local de estudo, conforme a figura 21, obtido da norma ABNT 10844.

Figura 21 - Quadro de intensidade pluviométrica (mm/h) para período de retorno (T) em anos.

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h) para T (em anos)		
	1	5	25
BH	132	227	230

Fonte: Adaptado de ABNT 10844.

De acordo com a ABNT 10844/89, o período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, sendo de 5 anos, para coberturas e/ou terraços.

Diante disso, e com base na área de cobertura para cada cenário previamente estabelecido, o quadro a seguir destaca o valor de vazão de cada cenário. Ressalta-se que foi aplicado o coeficiente de escoamento C, aplicado a telhas fibrocimento, no valor de 0,85, aplicado nos valores de vazão da tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Cálculo da vazão para o dimensionamento dos condutos verticais e horizontais

Cenários	Vazão (L/min)
Cenário 1	1005,109
Cenário 2	2289,834
Cenário 3	4579,668

Fonte: Elaborado pelo autor.

As coberturas horizontais de laje devem ser projetadas para evitar empoçamento, e devem ter declividade mínima de 0,5%, de modo que garanta o escoamento das águas pluviais, até os pontos de drenagem previstos. De acordo com a ABNT 10844/89, os trechos da linha perimetral da cobertura e das eventuais aberturas na cobertura (escadas, claraboias etc.) que possam receber água, em virtude do caimento, devem ser dotados de platibanda ou calha (tubulação horizontal).

O dimensionamento das calhas foi realizado através da fórmula de Manning-Strickler,

$$Q = K \frac{S}{n} R_h^{\frac{2}{3}} i^{\frac{2}{3}} \quad (16)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min)

S = área da seção molhada (m²)

n = coeficiente de rugosidade (adimensional)

R = raio hidráulico (m)

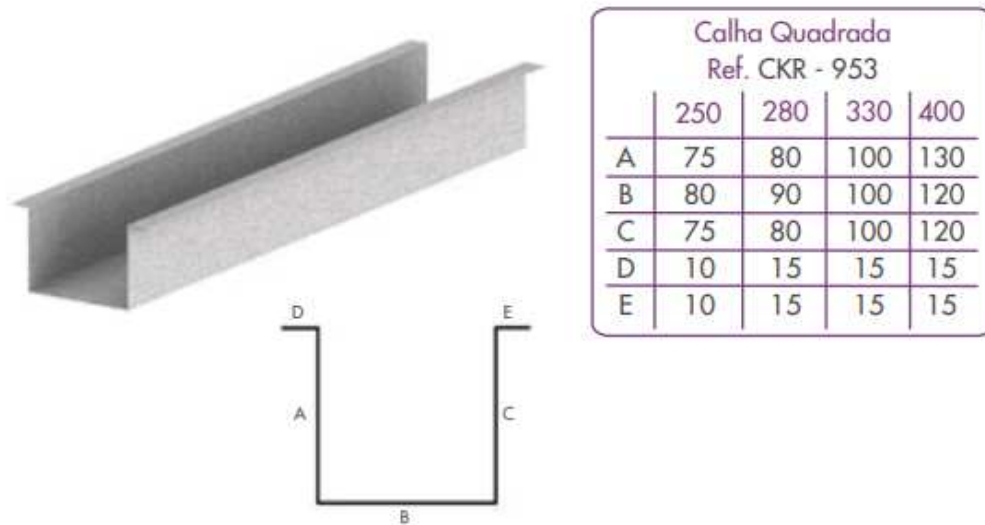
P = perímetro molhado (m)

i = declividade da calha (m/m)

$K = 60.000$

Com base nas opções de mercado, que apresentam calhas quadradas nos cortes 25, 28, 33 e 40, o dimensionamento foi realizado (SINAPI, 2020). De acordo com as medidas de cada corte, foram realizados os cálculos de vazão máxima que cada corte suporta. Foi adotado calha de de corte 33 para o ginásio II e a calha de corte 40 para o ginásio principal, com uma declividade maior. A Figura 22 são apresentadas as dimensões e estrutura da telha metálica, utilizadas pela empresa Calhas Kennedy e com dimensões praticadas no mercado de calhas.

Figura 22 – Dimensões da calha quadrada vendida pela marca Calhas Kennedy.



Fonte: Calhas Kenedy (2020).

Os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada. Quando houver necessidade de desvio, devem ser usadas curvas de 90° de raio longo ou

curvas de 45° e devem ser previstas peças de inspeção. O seu dimensionamento, para sistemas de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. (TOMAZ, 2009). Na figura 23 é apresentado o quadro com o resumo do dimensionamento dos condutos verticais

Figura 23 – Quadro com o dimensionamento dos condutos verticais.

Condutos verticais		
Local	Diâmetro da tubulação (mm)	Declividade (%)
Ginásio II	200	0.5 %
Ginásio Principal	250	2%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A demanda de água foi estimada considerando os seguintes cenários de uso da água pluvial: a) cenário A: para irrigação de jardins; b) cenário B: para as bacias sanitárias; e c) cenário C: atendendo aos dois usos anteriores. Como não há um sistema separado de medição de vazão no Campus I, utilizou-se da literatura para o dimensionamento da demanda. Para estimativa semanal de água da chuva para irrigação de jardins, utilizou-se a Tabela 2 para a estimativa semanal de água para irrigação de jardins.

Tabela 2 -Estimativa semanal de água para irrigação de jardins.

Diâmetro de tubulação	Volume semanal (m ³)				
	100m ²	200m ²	300m ²	400m ²	500m ²
½''	1179	2358	3537	4716	5895
1''	2558	4716	7074	9432	11790
2''	4716	9432	14148	18864	23580
3''	7076	14152	21228	28304	35380
4''	9432	18864	28296	37728	47160

Fonte: Adaptado de TOMAZ, 2009.

Para o cálculo da demanda de água de chuva para irrigação de jardins, foram estimadas as áreas de jardins e pontos ótimos para instalação das torneiras. A Figura 24 apresenta os locais otimizados para instalação das torneiras conforme sua área de irrigação.

Figura 24 - Locais de instalação de torneiras



Fonte: Google (2020).

Com base na literatura apresentada na Tabela 2, da estimativa semanal de vazão utilizadas para irrigação de jardins, A tabela 3 apresenta os valores de volume mensal necessários para irrigação de jardins.

Tabela 3 – Valores das áreas de jardins (cenário A).

Áreas	Área (m ²)	Volume mensal (m ³)
A1	206	18,8
A2	329	37,6
A3	471	46,8
Total		103,2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o cenário B, uso da água pluvial para atendimento da demanda das bacias sanitárias, conforme preconizado pela ABNT 5625, de instalação predial de água fria, foram considerados os parâmetros apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros utilizados para a estimada da demanda de água da chuva para o cenário B.

Parâmetro	Valores
Vazão	0,15 l/s
Quantidade de Bacias	10
Quantidade estimada de alunos	98
Litros de descarga por dia	9
Quantidade de descargas por dia	1
Dias	22

Fonte: Elaborado pelo autor

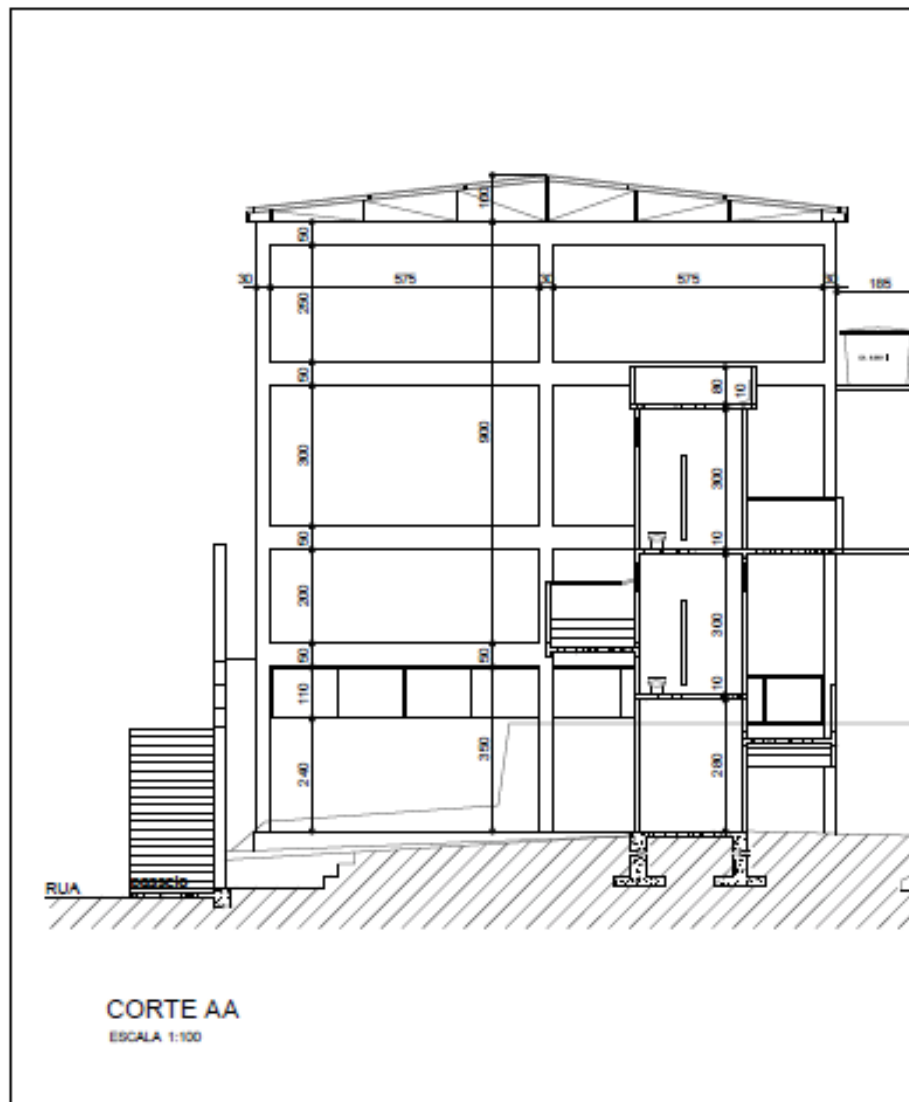
A partir da quantidade de alunos que utilizam o ginásio, de até 3 turmas por período, da vazão das necessária para a bacia sanitária e a quantidade de bacias sanitárias em um sistema isolado apenas para o fim do abastecimento das bacias sanitárias. Diante disso, tem-se uma demanda de água pluvial para o cenário B de 19,404 m³ por mês. O cenário C, têm-se a soma dos cenários A e B.

Para fins da otimização de tubulação, bem como do aproveitamento das estruturas existentes reservatório de água pluvial foi dimensionado considerando-se os seguintes métodos:

- Método de Rippl;
- Método da Simulação;
- Método Azevedo Neto;
- Método Prático Alemão;
- Método Prático Inglês;
- Método Prático Australiano; e
- Método da Simulação.

A Figura a seguir apresenta o melhor local para instalação da Caixa de água a fim de diminuir a necessidade de tubulação, diminuindo os custos.

Figura 25 – Detalhe do local de instalação da caixa de água proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor

Como resultado, segue as tabelas de dimensionamento, por simulação, do volume do reservatório e da demanda atingida por cada cenário nas tabelas 5, 6 e 7 a seguir.

Tabela 5 - Demanda atendida e volume do reservatório para o cenário C, considerando captação da área A1:

Meses	Demanda (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume do reservatório (m ³)	Demanda atendida (%)
Jan	120,00	156,3	5	100
Fev	120,00	156,3		31
Mar	120,00	156,3		19
Abr	120,00	156,3		7
Mai	120,00	156,3		4
Jun	120,00	156,3		2
Jul	120,00	156,3		2
Ago	120,00	156,3		2
Set	120,00	156,3		5
Out	120,00	156,3		18
Nov	120,00	156,3		32
Dez	120,00	156,3		38

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6 - Demanda atendida e volume do reservatório para o cenário C, considerando captação da área A2:

Meses	Demanda (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume do reservatório (m ³)	Demanda atendida (%)
Jan	120,00	712,0	5	100
Fev	120,00	712,0		100
Mar	120,00	712,0		89
Abr	120,00	712,0		33
Mai	120,00	712,0		17
Jun	120,00	712,0		7
Jul	120,00	712,0		9
Ago	120,00	712,0		9
Set	120,00	712,0		23
Out	120,00	712,0		84
Nov	120,00	712,0		100
Dez	120,00	712,0		100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 - Demanda atendida e volume do reservatório para o cenário C, considerando captação da área A3:

Meses	Demanda (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume do reservatório (m ³)	Demanda atendida (%)
Jan	120,00	1440,0		100
Fev	120,00	1440,0		100
Mar	120,00	1440,0		100
Abr	120,00	1440,0		71
Mai	120,00	1440,0		35
Jun	120,00	1440,0	5	14
Jul	120,00	1440,0		18
Ago	120,00	1440,0		18
Set	120,00	1440,0		47
Out	120,00	1440,0		100
Nov	120,00	1440,0		100
Dez	120,00	1440,0		100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os métodos de Rippl, do Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês, Prático Australiano e o método da Simulação não apresentaram volumes discrepantes de reservatório, sempre em torno da média de 5,0m³ para os cenários e condições propostas, sendo o método de simulação que fornece maior informação do sistema, como o atendimento da demanda ao longo dos meses do ano de acordo com a série histórica.

A comparação dos cenários A, B e C foi realizada pela comparação entre o ganho ambiental gerado pela economia de água e os possíveis impactos que as escolhas poderiam acarretar nos custos e aplicabilidade do projeto. Como o cenário B é de cerca de 20% do cenário A, não houve impactos significativos no custos do projeto com a adoção do cenário C, que seria a junção dos cenários A e B.

O melhor cenário foi o projeto de captação por meio da área A2 e o atendimento ao cenário C, com reservatório de 5000L. O Cenário de captação da área A1 não foi suficiente para o atendimento da demanda da edificação. A captação pela área A3 gerou uma resposta semelhante a área A2, porém os custos do projeto seriam maiores pela maior demanda de tubulação no sistema. A tabela a seguir destaca os custos do projeto.

Tabela 8 – Custos de instalação do sistema de aproveitamento de água de chuva

Item	Quantidade	Valor Total
Calhas de corte 40	40 metros	1272,40
Conduitos verticais (250mm)	42 metros	3299,10
Reservatório 5 m ³ de fibra de vidro	1	1683,00
Tonteiras	3	139,77
Tubulação Torneiras de 1’’	129,5	1784,51
Kit Acqualimp para descarte de primeira água de chuva, tubulação e filtro*	1	2450,00
Tubulação bacias sanitárias	55 metros	757,9
Total		11386,68

Fonte: Elaborado pelo autor. * Valor obtido junto a empresa por não possuir na tabela SINAPI.

O sistema teve um custo de 11386,68 de instalação e compra dos produtos necessários para o projeto de captação de chuva otimizado para o ginásio do Campus I do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Os custos podem ser considerados baixos em relação a economia do recurso hídrico ao longo dos anos, e o ganho ambiental na redução da necessidade de utilização da água tratada distribuída pela concessionária local na cidade de Belo Horizonte.

O método de aproveitamento das águas da chuva, que foi viável para a UNIPAC/Teófilo Otoni, proporcionou a redução de alagamentos constantes na universidade, redução do consumo de água potável e, além disso, preserva os recursos naturais. (SALOMÃO, 2019). Da mesma forma ocorreu no Ginásio do Campus I do CEFET-MG, corroborando para os ganhos ambientais da adoção desta tecnologia.

Em estudo realizado por DA SILVA (2019) que analisaram um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma escola pública estadual localizada no município do Recife, no Estado de Pernambuco, com demanda superior da área de estudo, e teve custo da implantação estimado em R\$ 38.715,48. Devido à grande área de contribuição disponível no CEFET, os custos do projeto podem ser minimizados. O custo do sistema a ser implantado no CEFET foi inferior aos da escola pernambucana.

5.3 Aquecimento Solar

De acordo com a NBR 15.569, algumas etapas fundamentais para o correto dimensionamento do sistema de aquecimento de água utilizando placas coletoras de energia solar (ABNT,2008). A primeira é a determinação do volume de água necessário para o abastecimento da edificação, a segunda a determinação do volume de armazenamento dos reservatórios térmicos e determinação da área de captação necessária para a placa coletora de energia.

O volume de consumo para atendimento dos vários pontos de utilização, deve ser levando em conta as peças de utilização. A tabela 9 a seguir apresenta o consumo de água quente, para a ducha de banho.

Tabela 9 - Consumo de pontos de utilização de água quente

Peças	Consumo Mínimo	Consumo Máximo	Ciclo diário(minuto/pessoa)	Temperatura de consumo(°C)
Ducha de banho	3,0L/min	15,0 L/min	10	39-40

Fonte: ABNT,2008

Considerando que durante os 8 horários letivos diários, as 40 duchas fiquem ocupadas, totalizando cerca de 320 banhos diários, pode ser observado na tabela 8 os parâmetros considerados, o volume de consumo, a energia útil e a área da coletora conforme o dimensionamento da ABNT 15.569.

Tabela 10 - Valores considerados e volume de consumo de água quente

Elementos do sistema	Valor	Unidade
Quantidade de duchas	40	unidades
Vazão adotada	5	l/min
Vazão adotada	8,33E-05	m ³ /s
Vazão adotada	0,00333332	m ³ /s
Tempo	600	s
Frequência	8	
V consumo	15,999936	m ³
T consumo	39	°C
V armazenamento	6,39999	m ³
E útil	260,08	Kwh/dia
Área Coletora	70,523	m ²

A tabela a seguir destaca os custos do projeto de aproveitamento solar para as duchas.

Tabela 11 - Custos do projeto de aproveitamento solar para as duchas.

Item	Quantidade	Valor Total
Boiler de 1000 l e 10 placas coletoras de 1,42 m ²	7	47824
Válvula de Retenção	10	796,00
Tubo Ppr, Classe Pn 25, Dn 32 Mm, Para Água Quente E Fria Predial	328	4851,12
Registro Gaveta Com Acabamento E Canopla Cromados, Simples	80	5139,20
Total		58610,32

O sistema teve um custo de 58610,32 de instalação e compra dos produtos necessários para o projeto de aquecimento solar das duchas do ginásio do Campus I do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Os custos, no entanto, não são tão baixos, embora gerem a economia do recurso energético e o ganho ambiental da economia do recurso.

Em análise realizada por MACEDO (2010), considerando-se a necessidade de 85 banhos por mês, apesar de uma economia de cerca de 80%, o projeto teve um custo total da implantação do cerca de R\$ 27500,00. Como a demanda do CEFET é maior, em cerca de 3 vezes, o custo do projeto do CEFET-MG é competitivo.

5.4 Conforto Térmico

Em estudo realizado por MATIAS (2020) na cidade de Belo Horizonte, por meio de análises e tratamento estatístico e observou que a temperatura média aumentou ao longo da série temporal analisada, de 1910 a 2009. O conforto térmico teve como principal resposta física a faixa de “grande desconforto”, sendo observada a mesma faixa nos dez últimos anos.

Como observado por meio da literatura, as paredes e a cobertura, interferem mais no conforto térmico sentido na edificação. Diante disso, foi analisado as alternativas tecnológicas aplicáveis a esses elementos a fim de propiciar maior prazer aos usuários da edificação e diminuir a necessidade de ventilação forçada, com utilização de energia elétrica.

Para as paredes, o material mais recomendado para o isolamento térmico é o “Isopor”, entretanto, a casca de arroz, por ser de baixo custo, também pode ser utilizado como material de isolamento térmico (NAVROSKI,2010).

O Isopor é um produto comercial constituído de EPS (poliestireno expandido). De acordo com a norma ISO-1043/78, esse material é identificado como celular rígido, resultante da polimerização do estireno (um derivado de petróleo) em água e pertencendo ao grupo dos termoplásticos (SEVEGNANI, 1994).

Em trabalho realizado por Gonçalves, 2020, do comportamento físico da mistura isolante de cortiça e borracha, bem como a aferição da melhor formulação da mistura para otimização térmica, nas suas proporções de borracha, cortiça e ar, bem como as diferentes granulometrias.

Estudos da eficiência térmica de núcleos isolantes de telhas termoacústicas em edificações indicaram um melhor desempenho do poliisocianurato em todas as faixas avaliadas, com a eficiência no isolamento térmico. (SOUZA, 2020)

A telha termoacústica é superior as outras opções do mercado em relação a maior atenuação sonora quanto referente a menor transferência de calor para dentro do ambiente construído. O melhor desempenho térmico se deve à refletância da superfície metálica da telha termoacústica, assim como à dissipação do calor absorvido e baixa condutibilidade térmica do poliestireno expandido utilizado no preenchimento da telha. Além disso, pelo fato de a telha termoacústica ser constituída no formato multicamadas (sistema massa-mola-massa), a descontinuidade dos meios proporcionada pelo preenchimento da telha com poliestireno expandido ocasionou a dissipação da onda sonora de forma mais eficaz que o verificado nas telhas de cerâmica e fibrocimento. (TOKUSUMI, 2019.)

O conforto térmico e acústico é diretamente proporcional ao bem-estar e à qualidade de vida de um indivíduo. Em estudo realizado por TOKUSUMI (2019), a telha termoacústica proporcionou uma redução da temperatura externa para a interna em torno de 18%. Em relação às demais telhas, a termoacústica apresentou desempenho superior em aproximadamente 7%.

Apesar de um valor maior em relação as telhas convencionais, a adoção da telha termo acústico teve uma escolha em virtude ganho ambiental propiciado para a edificação, visto que o ginásio possui a necessidade de isolar os ruídos gerados e reduzir o impacto térmico do ambiente, de forma mais sustentável. Além disso, deve-se desenvolver a conscientização de que o planejamento adequado dos ambientes públicos transcende aspectos econômicos, envolvendo a contemplação de todas as sensações dos usuários das edificações, a manutenção de seu bem-estar globalmente e os impactos ambientais gerados ao longo do ciclo de vida da edificação. Essas questões são de total relevância para o pleno desenvolvimento das capacidades intelectuais e para garantia de um futuro mais saudável e próspero. (DALVITE, 2016)

5.5 Tecnologias Aplicáveis A Edificação

O Pulverizador é um dispositivo fixado na saída da torneira, transforma o jato de água em um feixe de pequenos jatos. Reduz a vazão para valores entre 0,06 litros/s e 0,12 litros/s, podendo chegar até a 0,03 litros/s, sem reduzir a satisfação do usuário. A figura abaixo apresenta um exemplo de pulverizador.

Figura 26 – Exemplo de pulverizador



Fonte: AMAZON, 2020.

Para o chuveiro, recomenda-se o restritor que deixa constante a pressão, geralmente de 10 mca a 40 mca. Existem restritores de vazão com os mais diferentes valores de vazão, por exemplo, para 6, 8, 10, 12 e 14 litros/minuto. A figura a seguir destaca o exemplo de restritor.

Figura 27 - Instalação de restritor no chuveiro

RESTRITOR

Qual a função?

Economizar água.

O dispositivo reduz a vazão de água independente da pressão.*



INSTALAR UM NOVO RESTRITOR OU SUBSTITUIR O ANTIGO É RÁPIDO:

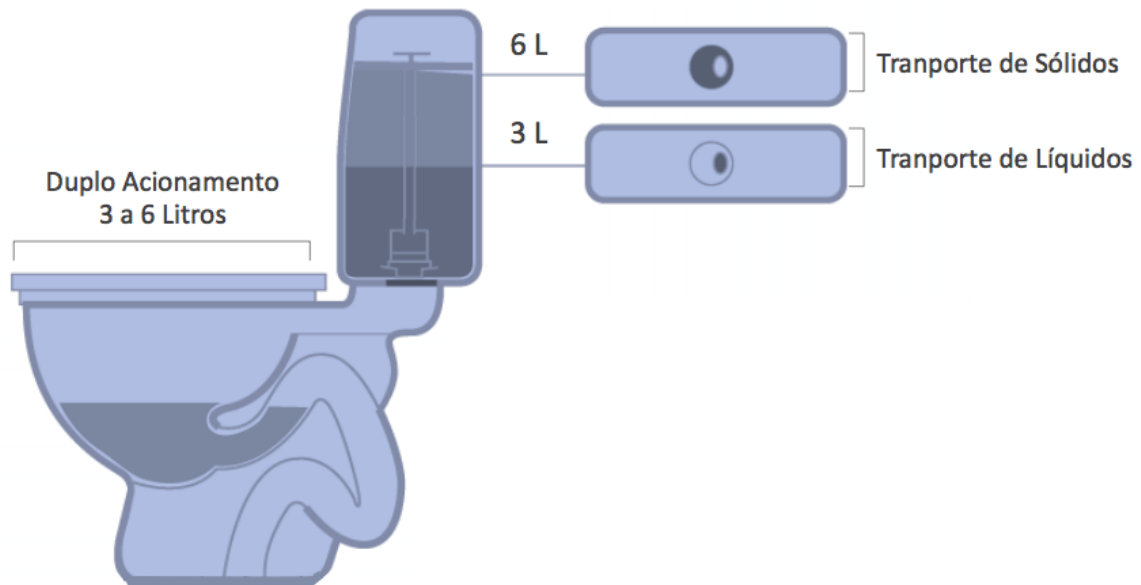
- (1) Desrosqueie o chuveiro da parede ou do teto, ou a torneira da parede, da cuba, ou da mesa;
- (2) Encaixe o novo restritor e reinstale o chuveiro ou torneira na posição inicial.



Fonte: DECA, 2020.

Para as bacias sanitárias, o dispositivo conhecido como “*duo-flush*” deve ser instalado para é utilizado para possibilitar o acionamento seletivo da válvula de descarga. A válvula de descarga contém dois botões. Um deles, quando acionado, resulta em uma descarga completa, o outro botão resulta em uma meia descarga.

Figura 28 - Funcionamento do sistema “duo-flush”



Fonte: CENSI,2020.

Entre os benefícios garantidos pela aplicação dos conceitos das construções sustentáveis, destaca-se a abrangência dos pilares da sustentabilidade, garantindo economia para os ocupantes, minimizando impactos ambientais e sociais. Realizando o preaquecimento da água, aproveitando a água de chuva, bem como desenvolvendo o conforto térmico para as edificações é possível garantir os pilares do desenvolvimento sustentável.

A redução do impacto ambiental gerado pelas edificações não é uma tarefa simples e engloba diversos tópicos de forma simultânea, cumulativa e sinérgica. Apesar do setor da construção civil tenha iniciado o desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos que garantam um desenvolvimento sustentável em longo prazo e cada vez mais procura satisfazer os interesses, de forma holística, de todos os intervenientes do processo. (AFONSO, 2014). A aplicação da sustentabilidade nas edificações, além de contribuir para a redução do impacto

ao meio ambiente, apresenta-se como uma das perspectivas para a promoção do bem-estar social e aumento da qualidade de vida dos usuários.

A universidade também se desenvolve no aspecto institucional, visto que a sustentabilidade na universidade precisa ser estimulada, pensada e realizada a partir das condições e características de cada instituição. A administração deve considerar a sustentabilidade como missão da universidade, exige uma reflexão e a transformação da comunidade acadêmica de um modo amplo. Na busca pela sustentabilidade a instituição deve promover discussão interna da adoção de medidas socioambientais e buscar a institucionalização do tema (BIZERRIL, 2018)

Este novo paradigma no setor público, essencial para o ganho ambiental das edificações na busca por cidades mais sustentáveis, requer um grande esforço em no desenvolvimento de critérios que garantam clareza de critérios, avaliação sistemática de seus resultados e impactos, transparência e controle público dos processos (DE OLIVEIRA, 2015). Outro ponto essencial desta análise é a visão holística do conceito de sustentabilidade apresentado. Além da questão ambiental, o compromisso com a dimensão social não pode ficar em segundo plano, principalmente em países em desenvolvimento. O papel social das medidas adotadas pelo setor público é essencial para a instituição, atendendo a adoção dos princípios de sustentabilidade adotadas nos processos de licitações públicas.

A instituição de ensino superior, que possui participação na formação de futuros profissionais, e, por consequência de tomadores de decisão. Estas instituições devem incorporar os princípios e práticas da sustentabilidade, visando iniciar um processo de conscientização (GAZONNI, 2018).

A adoção, pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, da adaptação do ginásio esportivo do campus I à concepção de construções sustentáveis, geram um ganho econômico, ambiental, social e institucional. As medidas apresentadas garantem um comprometimento socioambiental da instituição de ensino, gerando impactos positivos nos usuários da instituição e o seu entorno.

6 CONCLUSÕES

Portanto, existem diversas tecnologias aplicáveis para a área de estudo como dispositivos economizadores de água, aproveitamento de água de chuva, uso de aquecimento solar para os chuveiros e outras aplicações.

O aproveitamento de água de chuva teve o cenário otimizado para o projeto de captação por meio de uma das duas áreas do telhado principal, atendendo ao cenário C, de captação para irrigação de jardins e uso nas bacias sanitárias. O projeto teve viabilidade técnica com 100% de atendimento nos meses de outubro a março, com custo aproximado de R\$ 11386,68.

O aquecimento solar para as duchas da edificação de estudo, prevendo cerca de 320 banhos diários, teve viabilidade técnica para ser executado na área e um custo aproximado de R\$58610,32.

Em relação ao conforto térmico, a edificação deveria ser revestida com mistura isolante de cortiça e borracha, sendo uma alternativa ao Isopor® que é um elemento comumente utilizado no isolamento termoacústico. Além disso, foi proposto a substituição da telha de fibrocimento por telhas termoacústicas de poliisocianurato.

As aplicações dessas tecnologias melhoram o desempenho ambiental da edificação de estudo com redução no consumo energético, melhor eficiência térmica, menor impacto acústico para fora da edificação e economia de água.

7 RECOMENDAÇÕES

Os valores foram estimados, com base na literatura. Recomenda-se que sejam realizados estudos do uso de água, por meio de instalação de hidrômetro para melhor analisar as demandas do CEFET-MG. Tomaz (2001), estimou que o consumo médio de água para universidades e escolas varia de acordo com o tipo da edificação e distribuído em diversos usos, sendo de 10 a 50 litros/dia por aluno e 210 litros/dia por empregado. Para a mensuração dos dados do CEFET-MG, devem ser realizadas pesquisas de demandas hídricas e energéticas na instituição, de acordo com os pontos de geração.

Além disso, recomenda-se que esses conceitos subsidiem outros estudos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG que fica no mesmo campus da área de

estudo, difundindo os conceitos de construções sustentáveis e possibilitando a aplicação em outras áreas do campus I e, até mesmo, em outros campi

8 REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2º ed. Brasília, 2005. 243p.

AFONSO, Patrícia Pereira et al. Sustentabilidade ambiental no setor da construção civil: comparação das medidas adotadas por construtoras do município de Uberlândia/MG. Anais. In: **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, IBEAS–Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2014.

ALVES, Déborah Vieira; NUNES, Jeferson Salomé; FARIA, Lucas Paglioni Pataro. Aplicabilidade do aproveitamento de águas pluviais em grandes centros urbanos: estudo de caso aplicado a uma residência de Belo Horizonte (MG). **Revista Petra**, v. 2, n. 2, 2016.

ANA – Agência Nacional das Águas; SAS/ANA, Superintendência de Conservação de Água e Solo; FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; DMA, Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Sinduscon-SP, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo; COMASP, Comitê de Meio Ambiente do Sinduscon – SP - Conservação e Reuso da Água em Edifcações. São Paulo, junho de 2005.

ANA - Agência Nacional das Águas Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica. Disponível em: Acesso em: 26 jan. 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações Prediais de águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3:2003: Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15569: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: edifícios habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

BARBIERI, J. C; VASCONCELOS, I. F. G; ANDREASSI, T; VASCONCELOS, F. C. Inovação e Sustentabilidade: novos modelos e proposições. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, São Paulo: v. 50, n. 2, p. 146-154, Jun, 2010.

BEZERRA, Stella Maris da Cruz et al. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527/2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010

BERNS, Gioce Alne Girola et al. Projeto Dos Sistemas De Energia Solar Para Aquecimento De Água E Bombeamento Fotovoltaico Em Uma Unidade De Ensino De Suinocultura Em Florianópolis. 2018.

BINZERRIL, Marcelo Ximenes Aguiar; ROSA, Maria João; CARVALHO, Teresa. Building a sustainable university: a discussion based on a portuguese university case. **Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 424-447, 2018.

BONA, B. de O. Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho-RS. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda Ambiental na Administração Pública. **Sustentabilidade na Administração Pública**. Solar. Brasília, DF, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda Ambiental na Administração Pública. **Cartilha da Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P)**. Brasília, DF, 2009.

BREMER, Cynara Fiedler et al. Avaliação das práticas de sustentabilidade adotadas em empreendimentos de construção civil de Belo Horizonte. **Construindo**, v. 5, n. 01, 2013.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2019. Tudo sobre o SINAPI. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>> Acessado em 08 de setembro de 2019.

CALDEIRA, Jennifer Karen Alves et al. Aproveitamento de água de chuva em uma indústria mecânica: aspectos econômicos e ambientais. 2016.

CAMPOS, Marco Antonio; DE ARGOLLO FERRÃO, André Munhoz. Engenharia De Empreendimentos Sustentáveis: Classes De Uso E Níveis De Certificação Dos Empreendimentos Certificados No Estado De São Paulo. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 1, 2017.

CARVALHO, Nathália Leal et al. Reutilização de águas residuárias. *Revista Monografias Ambientais*, v. 13, n. 2, p. 3164-3171, 2014.

CAVALCANTI, M. Administração Pública e Agenda Ambiental – A3P - Considerações sobre a implementação nos órgãos públicos. **Revista Controle**, v. 10, n. 1, p. 196-216, 2012.

CLARO, P.; CLARO, D.; AMÂNCIO, R. Understanding the sustainability concept in organizations. *Revista de Administração*, v. 43, n. 4, p. 289-300, dez. 2008.

CONTO, V.; OLIVEIRA, M. L. Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 12, nº 4, 2017.

COSENTINO, Livia Tavares; BORGES, Marcos Martins. Panorama da sustentabilidade na construção civil: Da teoria à realidade do mercado. Anais. In: **IV ENSUS (Encontro de Sustentabilidade em Projeto)**, UFSC, 2016.

DALVITE, Bárbara et al. Análise do conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS. **Disciplinarum Scientia| Artes, Letras e Comunicação**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2016

DA SILVA, Aline Barboza; DA COSTA PEREIRA, Fábio Sergio. Análise E Utilização Do Potencial Solar Em Edificações De Natal-Rn. **REVISTA UNI-RN**, v. 15, n. 1/2, p. 13, 2018

DA SILVA, Alisson Caetano et al. ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE AGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO FEDERAL EM PERNAMBUCO. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 78-98, 2019.

DE ANDRADE, Laura Magalhães et al. CONTRATAÇÕES PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS COMO INSTRUMENTOS DE POLÍTICAS URBANAS AMBIENTAIS. **REVISTA DIREITOS, TRABALHO E POLÍTICA SOCIAL**, v. 5, n. 8, p. 199-214, 2019.

DE AMORIM, Simar Vieira; DE ANDRADE PEREIRA, Daniel José. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

DE OLIVEIRA, Bernardo Carlos; DOS SANTOS, Luis Miguel Luzio. Compras públicas como política para o desenvolvimento sustentável. **Revista de Administração Pública**, v. 49, n. 1, p. 189-206, 2015.

DE ASSIS, Eleonora Sad et al. Habitação social e eficiência energética: um protótipo para o clima de Belo Horizonte. 2007

FAUSTINO, Manuel; AMADOR, Filomena. O conceito de sustentabilidade: migração e mudanças de significados no âmbito educativo. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, p. 2021-2033, 2016.

FERREIRA, Andrielly Soares. **O uso de tecnologias sustentáveis a favor do meio ambiente no Brasil**. Artigo TCC - 2018.

FROTA, Anésia Barros. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo / Anésia Barros Frota, Sueli Ramos Schiffer. — 5. ed. — São Paulo : Studio Nobel, 2001.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS - FEBRABAN. **Café com Sustentabilidade: Construção Sustentável**. São Paulo, 2010.

GAREIS, R.; HUEMANN, M.; MARTINUZZI, A. Project management and sustainable development principles. **Newtown Square: Project Management Institute**, 2013.

GAZONI, F.; SCHERER, F.L.; HAHN, I.S.; CARPES, A.M.; SANTOS, M.B. O Papel das IES no Desenvolvimento Sustentável: Estudo de Caso da Universidade Federal de Santa Maria. *Revista Gestão Universitária na América Latina Revista GUAL*, Florianópolis, v.11, n.1, p.48-70, janeiro 2018.

GONÇALVES, Felipe F. et al. Estudo comparativo da eficiência de métodos alternativos de aquecimento da água por energia solar. *Revista Mackenzie de Engenharia e Computação*, v. 13, n. 1, 2014.

GONÇALVES, Carlos Miguel Paraíso Diniz. **Solução de isolamento térmico com base em cortiça e borracha para edificações novas e existentes**. 2018. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

GROHE, Sandra Lilian Silveira. Escolas sustentáveis como proposta de política pública no Brasil. **X ANPED SUL**. Florianópolis: FAED/UEDESC, p. 1429-1, 2014

HAFNER, A. V. Conservação e Reúso de Água em Edificações – experiências nacionais e internacionais [Rio de Janeiro] 2007 XVI, 161 p. (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil) Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE 2007

HUSSIN, Jamilus Md; RAHMAN, I. Abdul; MEMON, Aftab Hameed. The way forward in sustainable construction: issues and challenges. **International Journal of Advances in Applied Sciences**, v. 2, n. 1, p. 15-24, 2013.

INMETRO - Instituto Nacional De Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Regulamento de avaliação da conformidade de sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água. Anexo da portaria INMETRO nº 395 / 2008. 2008 Creche do Município de Vassouras. *Revista Eletrônica TECCEN*, v. 3, n. 3, p. 07-16, 2010.

JOHN, Vanderley M. Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro. **Encontro nacional e I Encontro Latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis**, v. 2, 2001

KITA, Monica Fischer Nunes. Análise da contribuição das certificações ambientais aos desafios da Agenda 2030. **Revista Internacional de Ciências**, v. 8, n. 1, p. 27-46, 2018. C

LOZANO, Rodrigo;. A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: results from a worldwide survey. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 1-18, 2015

LADEIRA, W. J.; SANTINI, F. de O.; ARAÚJO, C. F. Práticas sustentáveis na instituições de ensino superior: uma proposta de taxonomia baseada na percepção ambiental dos alunos do curso de administração. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 13, n. 4, p. 735-761, 2012.

MACEDO, Marcus Vinícius; CARDOSO, Carlos Eduardo. Utilização de Energia Solar em Chuveiros de uma Creche do Município de Vassouras. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 3, n. 3, p. 07-16, 2010.

MAIDANA, Vinícius Ramalho. **Análise da viabilidade econômica de sistema residencial de aquecimento solar de água**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MARINS, Natália; MOURA, Daniel A. Análise da utilização de equipamento economizador na Promoção do uso racional de água em prédio público. In: **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Porto Alegre/RS: IBEAS–Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2015.

MATIAS, Vandeir Robson; COSTA, Julia Moreira. Análise climática em Belo Horizonte pela variação do conforto a partir de uma série temporal. **Hygeia-Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 8, n. 14, p. 15-29, 2012.

MEDEIROS, M. L.; MACHADO, D. F. C.; PASSADOR, J. L.; PASSADOR, C. S. Adoção da certificação LEED em meios de hospedagem: esverdeando a hotelaria?. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, 52(2), 179-192, 2012.

MESQUITA, Glaucia Machado; MEDEIROS, Morgana Dalat. A Certificação Leed Como Uma Ferramenta Norteadora Da Sustentabilidade Na Construção Civil. **RENEFARA**, v. 13, n. 1, p. 97-106, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Agenda 21 Brasileira: Avaliação e Resultados. Brasília: MMA, 2012.

NETO, Plácido Gondim; DE LUCENA ALCÂNTARA, Roselene. Ferramentas de Sustentabilidade em Edificações. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*, v. 19, n. 3, p. 505-528, 2015.

NIZZOLI FILHO, Irio; MARQUES, Guilherme Ianusckiewicz. Utilização de coletores solares como alternativa energética para aquecimento de água em um edifício empresarial. **Anais do Encontro Nacional de Pós Graduação**, v. 1, n. 1, p. 31-35, 2017.

NAVROSKI, Marcio Carlos et al. Avaliação do isolamento térmico de três diferentes materiais usados na construção e preenchimento de paredes externas. **Revista Ciência da**

Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), v. 1, n. 1, p. 10-12953/2177-6830. v01n01a04, 2010.

OGUNDE, Ayodeji et al. Challenges confronting construction project management system for sustainable construction in developing countries: Professionals perspectives (a case study of Nigeria). **Journal of Building Performance**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2017.

OLIVEIRA, Jairo Cardoso de; FARIA, Ana Cristina de. Impacto econômico da construção sustentável: a reforma do Estádio do Mineirão. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, vol. 11, 2019.

PINHEIRO, Manuel. Construção sustentável: mito ou realidade. In: **Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente**. 2003

PNCD – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Secretaria de Política Urbana. DTA F2 – Produtos economizadores de água nos sistemas prediais. 2003.

RATHOD, Shashank; SUB-ENGINEER, Zila Panchayat; DURG, C. G. Sustainable Building: an review. **Int J Adv Engg Tech/Vol. VI/Issue I/Jan.-March**, v. 11, p. 13, 2015.

RODRIGUES, Grethielle et al. Sustentabilidade Na Construção Civil: Benefícios Ambientais E Econômicos. **Rev. Conexão Eletrônica**, v. 14, n. 1, p. 2087-2097. Três Lagoas, MS. 2017.

RUAS, R. A. A. et al. Análise energética de um protótipo de aquecedor solar de baixo custo. **Global Science and Technology**. Vol. 02, n. 2, p. 01-07. Mai/agos.2009.

RUSSI, Madalena et al. Estratégias construtivas na busca de conforto térmico e eficiência energética em edificações unifamiliares de interesse social nas zonas bioclimáticas 1, 2 e 3 brasileiras. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 1, n. 2, p. 113-121, 2013.

SALGADO, Mônica Santos; CHATELET, Alain; FERNANDEZ, Pierre. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 81-99, out./dez. 2012.

SALLA, Marcio Ricardo et al. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 167-181, 2013.

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador et al. Reaproveitamento de água pluvial: estudo de caso na Universidade Presidente Antônio Carlos-Teófilo Otoni-MG. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 5, p. 32, 2019.

SEVEGNANI, K. B.; GHELFI FILHO, H.; DA SILVA, I. J. O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agricola**, v. 51, n. 1, p. 1-7, 1994.

SINIGAGLIA, Tiago et al. Dimensionamento da produção energética de um coletor solar plano para aquecimento de água. **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 6, n. 4, p. 3487-3498, 2016.

SANTOS, Daisy Regina dos et al. Avaliação técnico-econômica comparativa de sistemas de aquecimento de água utilizando diferentes fontes energéticas (elétrica, solar e GLP). 2019

SOARES, Raquel Gomes; DE OLIVEIRA, Patrícia Lima; SANTOS, Sílvio Xavier. Desempenho térmico das edificações: estudo comparativo entre o telhado verde e outros tipos de coberturas. **Revista Petra**, v. 2, n. 1, 2016.

SOUZA, Carla Emanuelle de. Aplicação do princípio do desenvolvimento sustentável em licitações para realização de obras públicas de saneamento básico. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XX, n. 159, abr 2017.

SOUZA, Juliana Francisco et al. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra. *Revista Eletrônica TECCEN*, v. 9, n. 1, p. 35-46, 2016

SOUZA, Paula Cristina; SCARELLI, Victor Dias; RODRIGUES, Paulo Henrique. AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE NÚCLEOS ISOLANTES DE TELHAS TERMOACÚSTICAS EM EDIFICAÇÕES NA REGIÃO DE CAMPO MOURÃO-PR. *Revista Técnico-Científica*, n. 24, 2020.

TEIXEIRA, Franck Willer dos Santos. A Importância Da Sustentabilidade Em Obras Públicas. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 03, Ed. 11, Vol. 05, pp. 53-67, novembro de 2018.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. São Paulo, 2009

TOMAZ, Plínio. Fórmula de Manning e canais. Curso de Manejo de Águas Pluviais, 2011.

TOKUSUMI, Alisson Takeo Giuliani; FOIATO, Maiara. Análise de desempenho termoacústico de telhas. *Conhecimento Em Construção*, v. 6, p. 35-48, 2019.

URBANO, Edison. Aproveitamento de água de chuva de baixo custo para residências urbanas. [s. L.]: **Sempre Sustentável**, 2014

VALENTINI, Fernanda; FALCÃO, Daniel. Sustentabilidade na construção civil: vantagens da ecoeficiência. **15º CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DA LARES**, São Paulo. 2015.