



RÉGIS DE MATTOS JÚNIOR

**CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA E PRÉ-
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE ESCOLA
PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE LAVRAS / MG**

LAVRAS – MG

2021

RÉGIS DE MATTOS JÚNIOR

**CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA E PRÉ-DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL DE ESCOLA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE LAVRAS / MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Profª. Dra. Luciana Barbosa de Abreu
Orientadora

LAVRAS – MG

2021

RÉGIS DE MATTOS JÚNIOR

**CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA E PRÉ-DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL DE ESCOLA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE LAVRAS / MG**

**ARCHITETONIC CONCEPTION AND STRUCTURAL PRE-DIMENSIONING
OF A PUBLIC SCHOOL ON LAVRAS/MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 24/11/2021

Dr. André Luiz Zangiacomo

Mariana de Freitas Fornazier



Profa. Dra. Luciana Barbosa de Abreu
Orientadora

LAVRAS – MG

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Cléia V. Cardoso e Régis de Mattos, que me permitiram focar integralmente em meus estudos durante todo o período da graduação, e por sempre terem acreditado que eu seria capaz de alcançar meu objetivo.

Agradeço à minha orientadora, Luciana Barbosa de Abreu, que além das aulas do que hoje veio a ser minha área de maior interesse, esteve comigo durante os períodos de estágio e TCC, sendo minha orientadora, e me dando o suporte necessário para alcançar o êxito.

Agradeço aos amigos que estiveram comigo durante a graduação e que certamente tiveram grande impacto em minha vida. Pelo companheirismo, pelas experiências vivenciadas e pelas palavras de apoio. Estes sabem como chegar onde estou hoje é resultado de muita determinação, e sem eles, isto simplesmente não seria possível. Aos que ainda estão comigo, aos que estiveram de passagem, e a quem não mais pode estar presente. De coração, muito obrigado.

Agradeço também à Universidade Federal de Lavras, que permitiu que tudo isto fosse possível, com uma infraestrutura excelente, profissionais capacitados e humanos. Jamais irei esquecer a sensação de acolhimento e de suporte. Jamais irei esquecer a sensação de estar em casa, sem estar. Muito obrigado.

"Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo." (Paulo Freire)

RESUMO

Tendo em vista que uma escola é a porta de entrada de indivíduos em uma sociedade, esta deve ser pensada para acolher seus usuários, inspirar e principalmente para gerar interesse pelo que ali é apresentado. Dito isto, notando os índices de crescimento populacional da cidade de Lavras - MG, e a necessidade de melhoria no âmbito educacional – principalmente nas escolas públicas – dos ensinamentos fundamental e médio do município, a proposta é desenvolver um projeto escolar que tenha como pontos principais uma edificação com ambientes que sejam confortáveis em relação à temperatura, umidade, acústica, ventilação e iluminação, além de poder proporcionar aos alunos e servidores uma vivência mais agradável no tempo investido neste local. Contando com traços arquitetônicos modernos e utilização de materiais sustentáveis, este projeto poderá não apenas maximizar o desenvolvimento de alunos e funcionários em suas atividades, mas também incentivar a aplicação destes conceitos em novas instituições de ensino a serem desenvolvidas na cidade de Lavras, trazendo melhoria a médio e longo prazo para o município em geral.

Palavras-chave: Educação. Inclusão. Lavras. Conforto Térmico. Conforto acústico.

RÉSUMÉ

Considérant qu'une école est le point d'entrée des individus dans une société, elle doit être conçue pour accueillir ses usagers, inspirer et surtout susciter l'intérêt pour ce qui y est présenté. Cela dit, compte tenu des taux de croissance démographique de la ville de Lavras - MG, et de la nécessité d'améliorer l'environnement éducatif - en particulier dans les écoles publiques - des écoles primaires et secondaires de la ville, la proposition est de développer un projet d'école qui a comme points principaux un bâtiment avec des environnements confortables en termes de température, d'humidité, d'acoustique, de ventilation et d'éclairage, en plus de fournir aux étudiants et au personnel une expérience plus agréable du temps investi dans ce lieu. Avec des caractéristiques architecturales modernes et d'utilisation de matériaux durables, ce projet maximisera non seulement le développement des étudiants et du personnel dans leurs activités, mais encouragera également l'application de ces concepts dans les nouveaux établissements d'enseignement à développer dans la ville de Lavras, apportant une amélioration à moyen et long terme pour la commune en général.

Mots clés: École. Éducation. Inclusion. Conception architecturale. Confort acoustique.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Hospital Municipal do Pacaembu (Planta Baixa E Fotografia Externa).	66
Figura 2 – Telha Sanduíche.....	68
Figura 3 – Detalhamento Alvenaria Com Eps.....	69
Figura 4 – Brise-Soleil Vertical.....	70
Figura 5 – Composição De Pavimento Flexível.....	71
Figura 6 – Escala De Índice De Vme.....	73
Figura 7 – Esquema De Ventilação Feita Através De Uma Só Abertura Para O Exterior.....	74
Figura 8 – Esquema De Ventilação Feita Por Duas Aberturas Opostas.....	75
Figura 9 – Esquema De Ventilação Feita Através De Uma Abertura Lateral E Uma No Topo.	76
Figura 10 – Representação De Estrutura E Fluxo De Ações.....	81
Figura 11 – Localização Do Terreno E Seu Entorno.	83
Figura 12 – Representação Do Projeto No Terreno.....	84
Figura 13 – Representação Do Projeto No Terreno – Zoom.....	85
Figura 14 – Esquema Demonstrativo Do Caminho Do Sol No Solstício De Inverno.	86
Figura 15 – Esquema Demonstrativo Do Caminho Do Sol No Solstício De Verão.	86
Figura 16 – Modelo De Quadra Em Planta.	91
Figura 17 – Modelo De Quadra Em Corte.....	92
Figura 18 – Perspectiva Do Lançamento Estrutural.	94
Figura 19 – Perspectiva 2 Do Lançamento Estrutural.....	95
Figura 20 – Vigas Invertidas Na Cobertura.....	95

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação entre PPI / VME.	73
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantitativo de Portas.....	89
Tabela 2 – Quantitativo de Janelas.....	90

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	62
2. OBJETIVO	63
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	64
3.1 PROJETO ARQUITETÔNICO.....	64
3.2 CONSTRUÇÃO CIVIL NA SOCIEDADE.....	65
3.3 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA.....	67
3.4 MATERIAIS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	68
3.4.1 <i>Telha sanduíche como isolante térmico</i>	68
3.4.2 <i>EPS como adição na alvenaria</i>	69
3.4.3 <i>Vidro laminado como isolante acústico</i>	70
3.4.4 <i>Brise-soleil</i>	70
3.4.5 <i>Pavimento flexível</i>	71
3.5 CONFORTO TÉRMICO	72
3.5.1 <i>Índices de conforto térmico</i>	72
3.5.2 <i>Ventilação</i>	73
3.6 ILUMINAÇÃO.....	76
3.6.1 <i>Estudo solar na arquitetura</i>	77
3.7 INFRAESTRUTURA ESCOLAR	78
3.7.1 <i>Acessibilidade nas escolas</i>	79
3.8 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL	80
4. MATERIAIS E MÉTODOS	82
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
5.1 ESCOLHA E CONDICIONANTES DO TERRENO.....	82
5.2 ESTUDO SOLAR	84
5.3 BRISES	85
5.4 PROGRAMA DE NECESSIDADE.....	87
5.4.1 <i>Da edificação</i>	87
5.4.1.1 <i>Esquadrias</i>	89

5.4.1.2 Cobertura	90
5.4.2 <i>Da área externa</i>	90
5.4.2.1 Área de Esportes	90
5.4.2.2 Pátio.....	92
5.4.2.3 Estacionamento	93
5.5 PRÉ DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO	93
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	97
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
APÊNDICE A – PRANCHAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO	102
APÊNDICE B – PLANTAS ESTRUTURAIS.....	ERRO! INDICADOR NÃO
DEFINIDO.	
APÊNDICE C – PERSPECTIVAS 3D.ERRO! INDICADOR NÃO	DEFINIDO.

1. INTRODUÇÃO

Lavras é um município situado entre o sul e o oeste do estado de Minas Gerais, latitude 21° 14' 43" Sul e a uma longitude 44° 59' 59" Oeste, com área territorial de 564,744km² (IBGE, 2020), população estimada em 92.200 habitantes em 2010 (IBGE, 2010), e de 104.783 habitantes em 2020 (IBGE, 2020), e conhecida como a Terra dos Ipês e das Escolas. Observa-se visível crescimento populacional e a consequente existência de necessidade de novos equipamentos urbanos para atender à população.

A escolarização, não atinge toda a comunidade municipal, abrangendo 98,6% da população entre 6 e 14 anos (IBGE, 2010). E as escolas, considerando-se a rede pública de ensino, muitas vezes não atendem as necessidades da população na formação, desenvolvimento e socialização de indivíduos como cidadãos.

Atualmente, a grande maioria de seus prédios escolares têm um projeto genérico e com pouco ou nenhum valor estético; são ambientes que não inspiram seus alunos, ou mesmo os prestadores de serviços ali presentes. Neste quesito, há um ponto de interseção entre a qualidade de ensino, e consequentemente a formação de cidadãos, com a engenharia civil e arquitetura.

É evidente que no sistema tradicional de ensino o professor esteja como primeira e maior influência, seguida dos alunos, dos colaboradores e em seguida, mas não menos importante, o espaço físico ali disponível.

Prezar por um bom projeto arquitetônico é fundamental na melhoria da qualidade de ensino e da educação, pois leva em consideração fatores como iluminação natural, confortos térmico e acústico, áreas verdes, ventilação, melhor uso do espaço físico disponível, etc., visando espaços mais amplos e vívidos, mais inspiradores, o que traz resultados positivos para todos os membros que participam ativamente das atividades escolares.

Para Kowaltowski (2018), em reportagem de *Is Cool App*, algumas vantagens da Arquitetura Escolar bem planejada são a melhoria do comportamento dos alunos e colaboradores, redução dos níveis de bullying e menor custo de manutenção com instalações físicas.

Partindo destes pressupostos, o projeto para uma escola pública com infraestrutura original e mais orgânica em Lavras – MG, em um lote na Avenida Ernesto Matioli, no

Bairro Santa Efigênia, próximo à Unidade de Pronto Atendimento (UPA), disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Lavras.

O projeto buscará trazer aos seus usuários um espaço que atenda suas necessidades de forma eficiente e com conforto, na busca de melhores resultados a curto e longo prazos, respeitando as normas previstas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), além de contar com a utilização de materiais sustentáveis como a madeira e o aço em várias partes de sua estrutura. Isso faz com que haja mais qualidade de vida para os usuários e moradores da região. “Os alunos precisam se sentir acolhidos e amar aquele lugar. E como se ama um lugar? Em geral tem algo estético (...) a qualidade da construção (...)” (KOWALTOWSKI, 2018, p. 1).

2. OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo a concepção de um projeto arquitetônico de uma escola pública que traga mais conforto e inspiração para seus usuários, e consequente maximização no desenvolvimento de suas atividades, para a cidade de Lavras – MG. A proposta do desenvolvimento deste projeto é baseada em uma arquitetura moderna e orgânica, contando com a infraestrutura necessária para atender aos diversos alunos e prestadores de serviços que estarão utilizando deste espaço, considerando a inclusão de usuários com necessidades especiais, contando com elevadores para acesso de pisos elevados e sanitários exclusivamente projetados, trazendo a possibilidade de equidade no ensino e convívio social no ambiente de escolar. Além disto, a sustentabilidade está presente no uso de materiais como madeira nos brises da fachada e nos pergolados, além do uso de vigas e pilares metálicos, o que reduz o uso de concreto, e consequentemente a redução da poluição proveniente do processo de fabricação do cimento. Os confortos térmico e acústico foram considerados em todo o projeto, com uso de materiais como EPS e vidro laminado para atender esta finalidade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico são apresentados conceitos para possibilitar o melhor entendimento do projeto desenvolvido.

3.1 Projeto arquitetônico

A arquitetura é uma atividade com essência artística, que envolve a estética e a resolução de necessidades individuais ou coletivas. Tem como principal objetivo a elaboração de projetos executivos, materializando ideias na construção de obras.

O projeto arquitetônico tem como foco transformar espaços em ambientes agradáveis para se viver, necessitando para isto análises de aspectos sociais, culturais, políticos, econômicos, visuais, sustentáveis, dentre outros.

Durkheim (1989) escreve que o espaço não é uma categoria vazia e indeterminada, pelo contrário, representa um elemento ligado à experiência sensível. Isso denota a importância de um projeto arquitetônico bem definido a partir das necessidades dos grupos que estarão se beneficiando do mesmo, causando impacto social. Nesta mesma linha de raciocínio, Tuan (1983, p. 6) afirma: "O que começa como um espaço indiferenciado transforma-se em lugar à medida que o conhecemos melhor e o dotamos de valor."

Tuan (1983) traz à tona, ao considerar a ideia do uso do espaço, a interação do homem com a natureza, considerando a percepção de um complexo de experiências através das quais é dado sentido a este espaço, pelas percepções visual ou auditiva, do tato ou pensamentos.

No desenvolvimento do projeto arquitetônico, então, pensado desde a concepção de croquis, passando pelo anteprojeto até o projeto executivo, existe como objetivo o alcance destes conceitos perceptivos, através das análises dos elementos envolventes, como caminho percorrido pelo sol, posição geográfica - o que influencia diretamente na questão da ventilação local - , presença de vegetação, até a escolha do uso e dos tipos de materiais construtivos utilizados, podendo trazer, para uma vivência mais agradável, conceitos mais sustentáveis e orgânicos, além de menos agressivos ao meio ambiente.

3.2 Construção civil na sociedade

A indústria da construção civil é um dos setores mais importantes para a economia brasileira, pois é responsável por grande parte da movimentação financeira e desenvolvimento econômico do país. Além disso, integra atividades com diferentes níveis de complexidade, requerendo uma diversidade de produtos e processos tecnológicos (CARVALHO; AZEVEDO, 2013).

Segundo Cardoso (2013, p. 4), o notável crescimento do segmento da construção civil nos últimos anos se deve aos programas governamentais de incentivo, como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), criado em 2007, que retomou o planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do país, contribuindo para o desenvolvimento acelerado.

Apesar de ser mais renomada pelos itens citados, existe um ponto importante a ser analisado: a relação entre a construção civil e a utilidade da mesma no que diz respeito à criação de obras direcionadas à sociedade em geral (hospitais, escolas, museus, praças). Pode-se tomar como exemplo a importância da engenharia na resolução de problemas emergenciais, como na criação de hospitais de campanha durante a pandemia do novo coronavírus.

Hospitais de campanha têm como principal característica serem estruturas hospitalares que podem ser colocadas em operação rapidamente, utilizados em condições extremas como pós terremotos, tsunamis, ou até mesmo durante pandemias. A engenharia dos hospitais de campanha deve considerar cada grau de complexidade imposto nestas situações para a construção de leitos e ambientes que receberão os enfermos. Devem ser providas soluções que garantam melhores condições de atendimento e trabalho num tempo extremamente reduzido.

Exemplo destes, o Hospital de Campanha do Pacaembu (HCP) – Figura 1 - foi planejado e construído, ficando apto a funcionar em duas semanas, apesar das dificuldades que a pandemia impôs à cidade de São Paulo durante o período da construção (abril, 2020). Cerca de 10 dias foram necessários para a entrega da estrutura física e outros 5 dias foram necessários para a instalação dos equipamentos médicos, suprimento

de medicamentos e materiais, geração de energia elétrica, rede de gases medicinais, sistemas de água e esgoto, ventilação e climatização dos ambientes.

Figura 1- Hospital Municipal do Pacaembu (Fotografia da planta baixa e fotografia externa)



Fonte: Amormino (2021).

As atividades do HCP permaneceram entre o período de pico de casos e ocupação de leitos no estado de São Paulo, de 6 de abril a 29 de junho de 2020.

Ainda neste tópico, o projeto arquitetônico Aldeia das Crianças também pode ser referência. Localizado na zona rural de Formoso do Araguaia, próximo a Palmas, em Tocantins, este projeto valoriza a cultura indígena e introduz em si noções de pertencimento, incentivando técnicas de construção locais.

A instituição atende cerca de 800 alunos, alguns destes moram no local. O objetivo foi tornar o ambiente um local com valor de lar. Para isto o projetista Marcelo Rosenbaum separou o espaço em duas vilas, sendo uma masculina e uma feminina.

Na escola também há espaço de convívio, como locais para leitura, varandas, pátios e redários. Além de abrigar as crianças, o objetivo das vilas foi também de aumentar a autoestima das crianças.

Em fevereiro de 2018, o projeto recebeu o prêmio de Arquitetura Educacional, da Building of the Year 2018.

3.3 Arquitetura bioclimática

Um projeto arquitetônico inclui várias facetas a serem analisadas na sua concepção e desenvolvimento. Uma destas, de vasta importância, é toda a questão que diz respeito à arquitetura bioclimática. A arquitetura bioclimática está relacionada diretamente com as práticas sustentáveis, como o aproveitamento da luz e ventilação naturais, já que os elementos climáticos têm influência direta sobre o ambiente construído (CARDOSO; VECCHIA; NECKEL, 2016).

Nesta faceta, são avaliadas questões como implantação, direção dos ventos predominantes e condições climáticas, dando possibilidade de aumento da utilização de recursos que irão influenciar nas condições de conforto térmico, lumínico e acústico, observando assim a redução de necessidades de equipamentos como luzes artificiais e ares condicionados.

No que diz respeito a edificações escolares, a utilização do conceito de arquitetura bioclimática será de suma relevância, pois a adequação ambiental é de extrema importância, uma vez que o aprendizado e práticas pedagógicas fluem com mais facilidade e concentração em ambientes térmica e acusticamente confortáveis (MENDELL; HEATH, 2005).

O ambiente escolar deve então ser projetado para maximizar o conforto em relação a umidade, ventilação, ruídos, ventos, além de propiciar boa iluminação – natural ou artificial, o que vai garantir a salubridade, higiene e segurança para os usuários desta edificação.

3.4 Materiais e técnicas construtivas

Este tópico refere-se aos materiais e práticas desenvolvidas com a finalidade de se alcançar confortos térmico e acústico.

3.4.1 Telha sanduíche como isolante térmico

Segundo Telhas Termoacústicas (2016) as telhas termoacústicas, conhecidas também como telhas sanduíche, são caracterizadas por possuírem revestimento de telhas metálicas convencionais como evidenciado na Figura 2 Centralizado existe um material, comumente sendo poliuretano ou poliestireno expandido (EPS), tendo o processo de fixação feito com uso de cola. A espessura deste pode ser de 30, 50 ou 100mm.

Figura 2 – Composição de uma telha termoacústica



Fonte: Telhas Termoacústicas (2018).

As principais características do EPS são sua baixa densidade (9 kg/m^3 a 40 kg/m^3), tendo 97% de seu volume constituído de ar, baixa condutividade térmica, isolamento térmico, o que permite a redução do uso de energia que, durante a vida útil de um edifício, pode ser centenas de vezes superior à energia consumida durante seu processo de

fabricação (SANTOS et al., 2013), além de sua alta compatibilidade com a maioria dos materiais utilizados na construção civil.

3.4.2 EPS como adição na alvenaria

Todos os elementos de uma estrutura são responsáveis pelo conforto térmico da edificação, porém depois da cobertura, a parede é o principal elemento responsável pela absorção de calor existente no interior da edificação (FROTA; SCHIFFER, 1995).

Para contornar a questão da passagem de calor por condução pelas paredes das edificações, muitas vezes podem ser utilizados materiais isolantes térmicos em conjunto com a alvenaria de cerâmica tradicional, reduzindo assim o índice de condutividade térmica da parede considerando toda sua espessura.

Um dos principais materiais utilizados para a redução da condutividade térmica das paredes é o EPS, o Poliestireno Expandido, como mostrado na Figura 3. Este material é essencialmente da cor branca, não poluente e de excelente qualidade nas temperaturas de -70°C a 80°C (HIGGINS, 1982).

Figura 3 – Detalhamento Alvenaria com EPS



Fonte: Placa EPS Isolantes Térmicas, Isoplast, 2021. Disponível em:
<http://isoplast.ind.br/16/produto/placas-eps-isopor>. Acesso em: 21/09/2021.

3.4.3 Vidro laminado como isolante acústico

Com a finalidade de ampliação na recepção de iluminação natural, podem ser adotados painéis envidraçados em fachadas. Nestas, pode se utilizar o denominado vidro laminado, que é composto por duas chapas de vidro intercaladas por uma película plástica de grande resistência (PVB – Polivinil Butiral).

O vidro laminado possibilita a ampliação na recepção da iluminação natural, e a proteção contra os raios ultravioleta (UV), porque o PVB impede a passagem de 99,6% dos raios solares UV, além de ser um isolante acústico satisfatório.

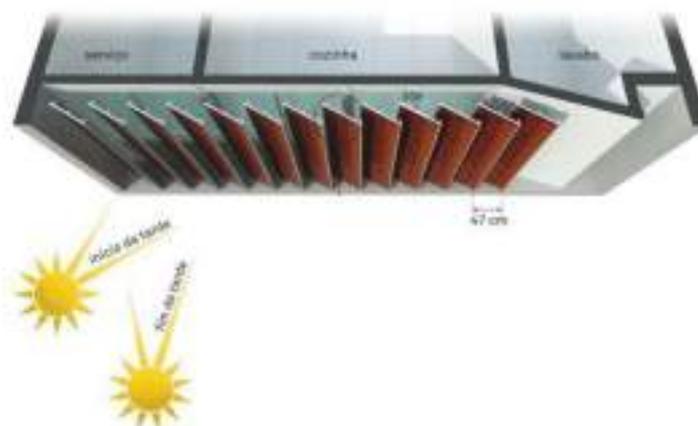
3.4.4 Brise-soleil

Entre os meios naturais de controle ambiental, o brise-soleil, termo francês para quebra-sol, foi, segundo Banham (1975), uma das maiores invenções para a arquitetura. Sua função é controlar a incidência e o calor solares nas edificações, além de ajudar na ventilação devido à redução física da passagem do vento, o que aumenta a velocidade do fluido.

Corbella (2003) coloca em pauta uma pesquisa desenvolvida em Porto Alegre, que indica que o uso correto dos brises e da vegetação podem reduzir a energia solar recebida de 2000 kWh/dia para 820 kWh/dia, uma redução de quase 60%.

A Figura 4 - Brise-Soleil Vertical deixa clara a facilidade de controle dos brises, possibilitando adaptação com a variação do percurso do sol durante os dias e anos.

Figura 4 – Brise-Soleil Vertical



Fonte: Como fazer brises de madeira na fachada de casa, casa.com.br, 2017. Disponível em: <https://casa.abril.com.br/construcao/como-fazer-brises-de-madeira-na-fachada-da-casa/>. Acesso em: 23/09/2021.

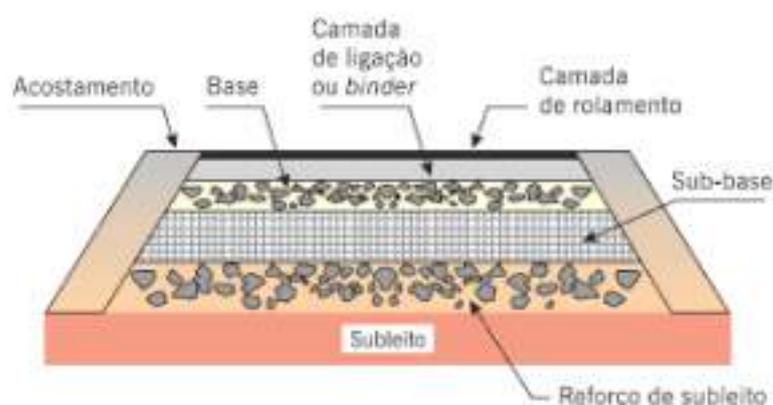
Portanto, há também o auxílio na redução do uso da energia elétrica das edificações, considerando o aumento da qualidade do conforto térmico nos ambientes protegidos pelos brises.

3.4.5 Pavimento flexível

Um pavimento flexível é composto por revestimento asfáltico e camada de base granular. Estas camadas atuam absorvendo as tensões verticais aplicadas no pavimento. No piso flexível ocorrem processos de tensões e deformações de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico, os quais podem provocar seu trincamento se não houver um correto dimensionamento.

A Figura 5 deixa evidente a formação deste tipo de pavimento, tendo apresentadas a camada de rolamento - a qual é formada por asfalto-, sua base – que recebe os esforços da camada de rolamento-. Sub-base, reforço do subleito e subleito.

Figura 5 – Composição de Pavimento Flexível



Fonte: Estudo Comparativo entre Pavimento Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária, Núcleo do Conhecimento, 2018. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimentos-flexivel>. Acesso em: 25/09/2021.

Por ser um tipo de pavimento altamente utilizado, existe facilidade ao se encontrar mão de obra para sua execução.

3.5 Conforto térmico

Corbella (2011) afirma que se tem a sensação de conforto térmico quando é possível ter uma sensação neutra em relação ao ambiente, ou seja, quando é possível percebê-lo sem nenhum incômodo.

Frota e Schiffer (2001) consideram mecanismos termorreguladores e a atividade dos indivíduos. Logo, define o conforto térmico como a sensação do organismo no processo de perda de calor produzido pelo metabolismo para o ambiente a sua volta, sem a ocorrência de mecanismos termorreguladores.

Ainda segundo Frota e Schiffer (2001), a energia adquirida pelos alimentos através do processo de metabolismo é transformada em calor - 80% desta, e os 20% restantes são transformados em potencial de trabalho. A energia transformada em calor deve ser dissipada para que o organismo mantenha a temperatura interna constante. Os fatores causadores desta dissipação são diversos, resultando na falta de conforto térmico, e ocorrem por meio de mecanismos termorreguladores.

3.5.1 Índices de conforto térmico

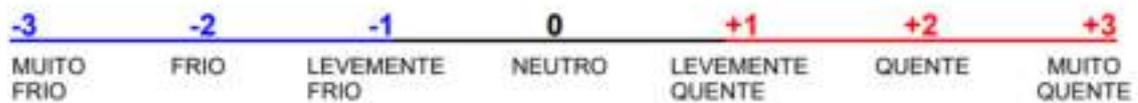
Para se desenvolver índices de conforto térmico, deve-se levar em considerações alguns aspectos, tais como a temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade relativa, velocidade do ar, etc. Estes índices buscam considerar, de forma paramétrica, o efeito destas variáveis.

O Índice desenvolvido por Fagner (1972) é considerado um dos mais completos disponíveis, pois considera a temperatura do bulbo seco, a temperatura média radiante, a umidade relativa, a velocidade do ar e a vestimenta do indivíduo.

O Índice de Fagner calcula o índice denominado Voto Médio Estimado (VME) para avaliação da sensação térmica e grau de desconforto de ambientes fechados.

Como descrito na Figura 6, os valores variam de -3 a 3, sendo os valores negativos relacionados à perda de calor, 0 para neutro e valores positivos para o ganho de calor pelo organismo.

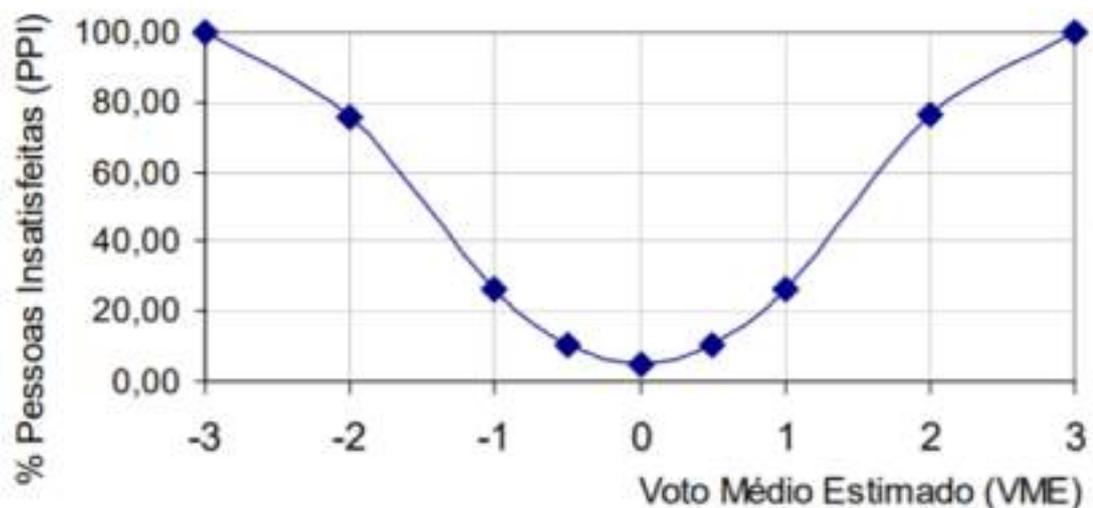
Figura 6 – Escala de índice de VME



Fonte: Braga (2005).

Outro índice, a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPI), é encontrado a partir do VME, e diz respeito às pessoas insatisfeitas com as condições térmicas em ambientes fechados, como mostrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Relação entre PPI / VME.



Fonte: Braga (2005).

O Gráfico 1 deixa evidente a relação entre PPI e VEM. Com base na Norma ISO 7730, o ideal para ambientes internos é que os valores de VME flutuem entre - 0,5 e + 0,5, representando assim um valor máximo de 10% de pessoas insatisfeitas. Apesar disso, é aceitável o valor de VME flutuando entre -1,0 e + 1,0, representando 20% de pessoas insatisfeitas.

3.5.2 Ventilação

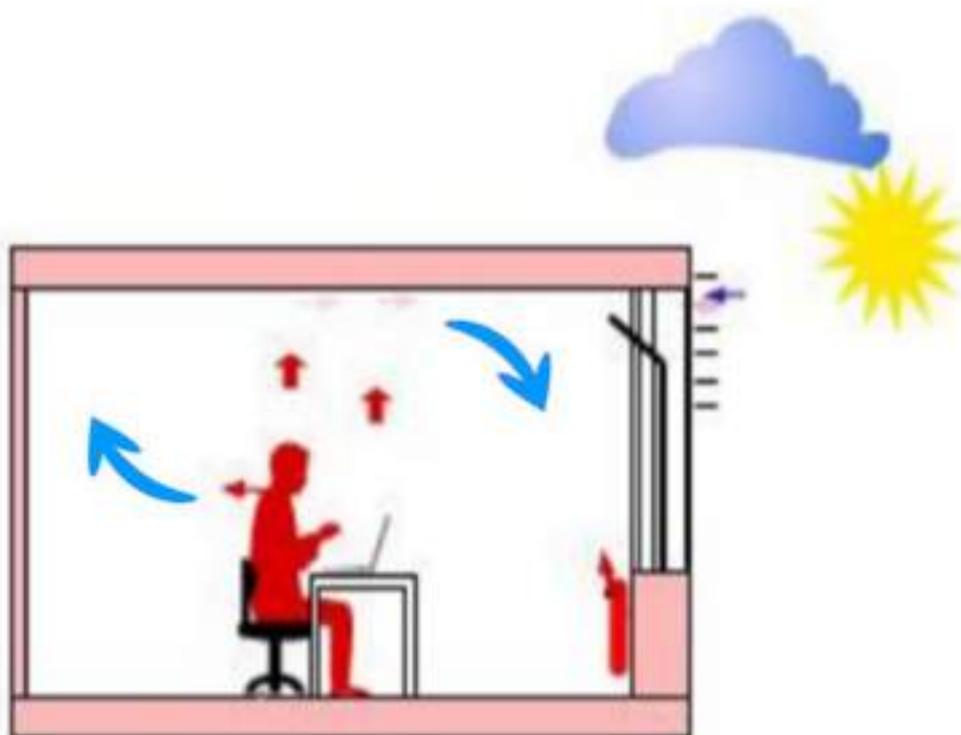
O homem permanece mais de 80% de seu tempo em interiores de edificações, e assim é usada cerca de 1/3 da energia elétrica mundial. A ventilação natural é considerada uma das estratégias de projeto mais eficientes para prover condições adequadas de conforto térmico aos ocupantes dos edifícios de modo energeticamente eficiente (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2018).

A ventilação natural de edifícios, além de propiciar o conforto térmico, promove outras funções como a renovação do ar, em atendimento a requisitos de salubridade. Frota e Schiffer (1995) afirmam que perante as exigências humanas básicas, a ventilação dos ambientes desempenha papel fundamental no suprimento de oxigênio e na diluição da concentração de gás carbônico. Ela diminui a temperatura efetiva, atuando na evaporação do suor e acelerando a troca de calor por convecção entre o fluxo de ar e o corpo (GIVONI, 1994).

A ventilação natural em edifícios pode funcionar baseada em diferentes princípios.

A ventilação com entrada unilateral no ambiente, como mostrado na Figura 7, não permite a entrada do ar fresco, pois existe uma pressão atuando dentro do ambiente, o que impossibilita a entrada do ar externo.

Figura 7 – Esquema de ventilação feita através de uma só abertura para o exterior



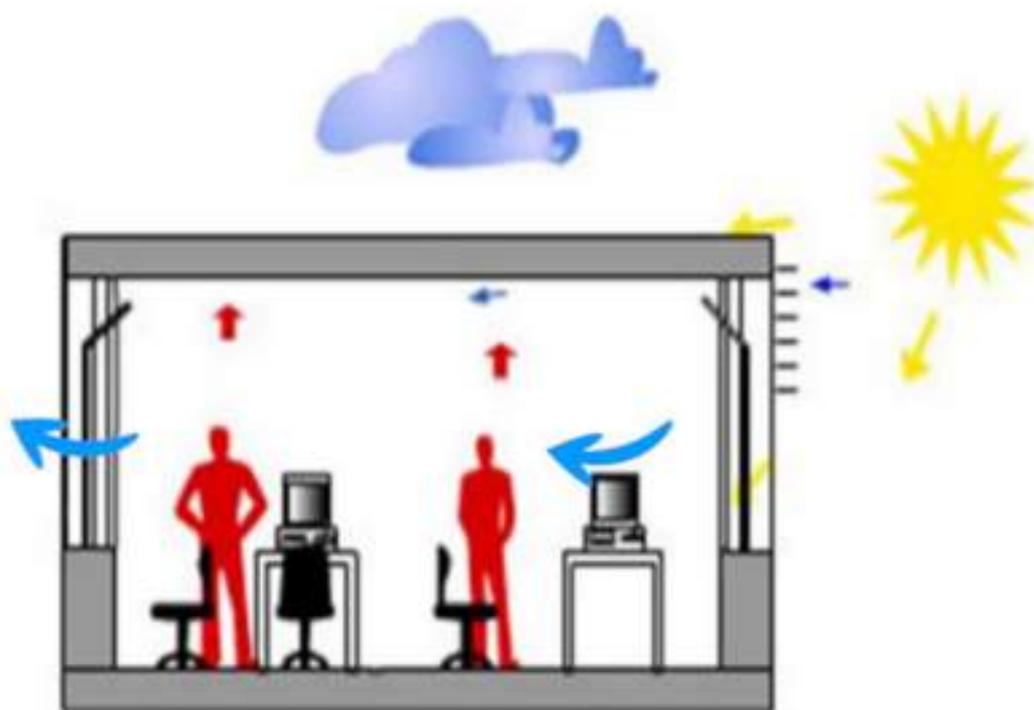
Fonte: Paula (2011).

A ventilação cruzada implica na passagem da corrente de ar pelo ambiente interno, como mostrado na Figura 8, podendo ser uma passagem de ar entre paredes adjacentes e/ou por meio de passagem entre paredes paralelas.

Quando as aberturas do ambiente estão localadas em paredes adjacentes, a corrente de ar se comporta de maneira diferente se comparada à passagem desta entre paredes paralelas. “O vento perpendicular à abertura amplia a variação na direção do fluxo, o que resulta em melhor distribuição de ventilação e criação de turbulência, o que não acontece para o fluxo oblíquo” (NEVES 2006, apud RODRIGUES, 2008).

É válido ressaltar que a utilização de esquadrias de dimensões e peitoris distintos demonstram maior eficiência no quesito que diz respeito à ventilação higiênica, sendo esta a ventilação necessária quando a temperatura do ambiente está próxima dos limites inferiores de conforto e existe necessidade da renovação do ar interno.

Figura 8 – Esquema de ventilação feita por duas aberturas opostas.



Fonte: Paula (2011).

O princípio da ventilação por convecção está no fato de que o ar quente é menos denso do que o ar frio, como evidenciado na Figura 9, sendo assim, com a abertura de janelas próximas ao solo e abertura(s) num nível superior, o ar quente sobe, dando espaço para a entrada do ar fresco no ambiente.

As janelas de entrada de ar fresco do lado onde sopra o vento devem abrir menos do que as janelas do lado contrário, enquanto que na cobertura, só abrem as janelas que estiverem do lado contrário ao do vento.

Figura 9 – Esquema de ventilação feita através de uma abertura lateral e uma no topo.



Fonte: Paula (2011).

Este tópico será mais discorrido em Resultados e discussão.

3.6 Iluminação

O uso da iluminação natural na concepção de projetos arquitetônicos traz consigo a possibilidade de redução de energia elétrica e maximização na capacidade dos indivíduos usuários da edificação, pois a iluminação é parte primordial no aprendizado escolar. É essencial para todos os processos que tornam possível a relação entre o cérebro e o ambiente ao qual o indivíduo está inserido.

Para Rennhackamp (1964, p. 1),

uma vez que a função primordial de um edifício escolar é estimular o processo educacional no seu sentido mais amplo, todos os esforços deveriam ser feitos para fornecer aos estudantes um ambiente educacional adequado e estimulante. Neste sentido, a importância de uma boa iluminação para o desenvolvimento da criança, preservando sua visão, não deve ser subestimado.

A luz não só ajuda a criança a ver e a reconhecer objetos, como também prepara seu corpo e sua mente para responder à ação, adaptando-se a qualquer tarefa que for solicitada a executar. Quanto melhores as condições de iluminação, mais fácil e mais rápida a tarefa será realizada.

Quanto mais arejado e iluminado naturalmente é o ambiente, mais confortável e propício ao aprendizado e desenvolvimento será.

3.6.1 Estudo solar na arquitetura

O estudo solar visa primordialmente a questão de trazer aos usuários da edificação um ambiente confortável termicamente. O conforto térmico é um estado mental que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve as pessoas (ASHARE, 1999).

Segundo Freire e Amorim (2011), todas as fases de projeto devem ter presentes a busca de um bom desempenho térmico das edificações: da escala macro, representada pelo meio urbano até a menor escala, correspondentes aos cômodos de uma edificação. Este desempenho deve estar intimamente ligado ao local, aos materiais disponíveis e principalmente ao seu clima.

Tendo em mente a grande importância do uso correto dos meios naturais para se alcançar o conforto térmico, faz-se necessário para o desenvolvimento de projetos, o estudo solar, que engloba o caminho percorrido – e suas variações – do sol durante as horas dos dias e dias do ano, a disposição mais adequada dos cômodos nas edificações, e uso de determinados materiais para maior eficiência energética, além das aberturas verticais e outros.

Este estudo proporciona o entendimento da incidência solar nas edificações, permitindo redução de gastos em uso de iluminações artificiais e também a redução destes no uso de refrigeração artificial.

3.7 Infraestrutura escolar

A escola é um ambiente de vivência onde se destacam a aprendizagem, a cultura, o desenvolvimento intelectual e físico, além de ser um espaço de convívio social. É uma forma de introdução de indivíduos mais capacitados para uma vida em sociedade.

Lima (2010) descreve o ambiente escolar como meio de convívio social e de lazer, sendo fator influente no desenvolvimento moral do estudante, que buscará mais interações sociais com pessoas à sua volta. Percebe-se assim a necessidade da infraestrutura da edificação escolar ser um ambiente agradável, estimulante e motivador para os estudantes, além, claro, para colaboradores e usuários em geral.

Para Paes (2013), o ambiente escolar deve fazer mais do que atender as funções de abrigar e instruir alunos e professores, mas permitir a fruição de seus espaços, oferecendo ambientes confortáveis, seguros, saudáveis, acolhedores, convidativos e propícios às relações interpessoais.

No cenário nacional existem publicações governamentais a respeito da infraestrutura escolar, dentre elas: *Espaços educativos de ensino fundamental: Subsídio para elaboração de projetos e adequação de edificações escolares* (BRASIL, 2002) e *Parâmetros Básicos de Infraestrutura para Instituições de Educação Infantil* (BRASIL, 2006). O *Plano de Ações Articuladas (PAR)* (BRASIL, 2017) oferece quatro manuais de orientações técnicas, desde construções das unidades escolares a produtos indicados e específicos para mobiliário escolar.

Estes documentos, de autoria do Governo Federal, visam o desenvolvimento na educação e elevação do nível das condições de infraestrutura das unidades escolares.

Uma infraestrutura escolar mais bem pensada e projetada, considerando ambientes mais bem arejados, com iluminação adequada, confortos térmico e acústico, acarreta em diversos benefícios no desenvolvimento escolar dos estudantes, como aumento de frequência, interesse e motivação dos estudantes e colaboradores. Assim como a presença de laboratórios de ciências e informática, quadra poliesportiva e área de vegetação, por exemplo, potencializam o aprendizado dos estudantes.

A organização do espaço, com condições térmicas, luminosas e acústicas, que resultam em variações climáticas, sejam elas favoráveis ou não, podem influenciar de diferentes formas no aprendizado do estudante, comprometendo o bem-estar e o

aproveitamento didático deles, assim como o bem-estar do professor no seu ambiente de trabalho (CHOAS, 2016).

A relevância do tema sobre a infraestrutura escolar se apresenta constantemente também em pesquisas de inúmeras análises, desde o conforto ambiental à percepção cognitiva, citada por diversos autores. No quesito de análise de conforto ambiental se destacam estudos de Graça e Kowaltowski (2004), Moreira (2005), Mueller (2007) e Choas (2016).

3.7.1 Acessibilidade nas escolas

A acessibilidade física é fator essencial para a legitimação da inclusão educacional, visando sua natureza que preza pela garantia de acesso de todos os alunos, em todo espaço disposto de uso comum, gerando autonomia, facilidade e segurança para os usuários que dela necessitam.

Levando em consideração que grande parte das escolas nacionais, hoje, com foco no ensino público, são construções antigas, a arquitetura não foi pensada de forma inclusiva, gerando barreiras e dificultando a inclusão dos usuários deste espaço que demandam maior acessibilidade.

O desafio que confronta a escola inclusiva é no que diz respeito ao desenvolvimento de uma pedagogia centrada na criança e capaz de bem-sucedidamente educar todas as crianças, incluindo aquelas que possuam desvantagens severas. O mérito de tais escolas não reside somente no fato de que elas sejam capazes de prover educação de alta qualidade a todas as crianças: o estabelecimento de tais escolas é um passo crucial no sentido de modificar atitudes discriminatórias, de criar comunidades acolhedoras e de desenvolver uma sociedade inclusiva (BRASIL, 1994).

De acordo com o Decreto 5.296 de 2 de dezembro de 2004, a acessibilidade é definida como:

condição para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, sistemas e meios de comunicação e informação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida. (BRASIL, 2004, p. 45-46).

Neste sentido, fica evidente que a infraestrutura da edificação deve ser projetada para garantir a locomoção, com facilidade de acesso e conforto para todos os usuários a todo o espaço escolar.

3.8 Concepção estrutural

A estrutura deve ser projetada para atender necessidades como segurança, economia e durabilidade, além de atender a compatibilidade com a proposta de projeto arquitetônico.

Para Pinheiro (2007), a concepção estrutural também pode ser denominada de lançamento da estrutura, etapa em que se deve escolher um sistema estrutural que constitui a parte resistente do edifício.

Nesta concepção, é de suma importância levar em consideração o comportamento primário dos elementos estruturais, sendo os principais, os descritos a seguir:

Laje: Elemento plano bidimensional, o qual recebe principalmente as cargas de utilização e gravitacional – devido ao seu próprio peso. Estas sofrem esforços de compressão em sua parte superior – suportados majoritariamente pelo concreto, e de tração na sua parte inferior – suportados majoritariamente pelo aço da estrutura.

Viga: Elemento de barra, normalmente linear, sujeito às cargas recebidas pela laje, com esforços predominantes sendo os de flexão. Estas, transferem as cargas recebidas da laje para os pilares.

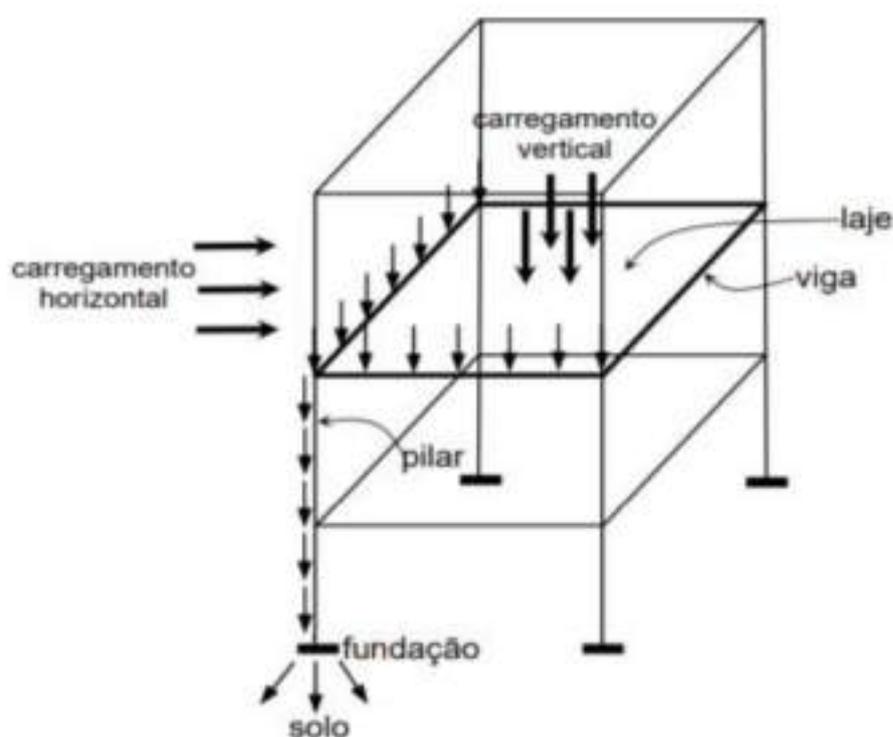
Pilares: Elemento de barra, comumente na posição vertical, sujeitos predominantemente a esforços de flexo-compressão. Sua função principal é receber as cargas das vigas e transferi-las para o solo através das fundações.

Fundação: Elementos que podem atuar em diferentes formas geométricas, como em blocos, sapatas, estacas, etc., possuindo função principal de receber os esforços verticais – majoritariamente – dos pilares e transferi-los para o solo.

Vigas invertidas: São elementos que se alinham com a base das lajes por sua face inferior, ou seja, se elevam acima do nível da laje, resultando em um conjunto estrutural diferente do usual.

Na Figura 10 é mostrado o fluxo das cargas evidenciado pelas setas, sejam elas horizontais ou verticais. As cargas horizontais são comumente provenientes de ventos, e as verticais de peso próprio da estrutura ou de cargas de uso, além das ações acidentais que também são consideradas.

Figura 10 – Representação de estrutura e fluxo de ações



Fonte: Sisniegas (2007).

Podem ser utilizados vários materiais distintos – substituindo uns aos outros ou em conjunto -, como o uso de concreto armado para vigas e pilares, ou uso de vigas e pilares metálicos – os dois materiais mais predominantes quando se diz respeito a estruturas.

Os pontos mais atrativos do concreto armado são a falta de necessidade de mão de obra especializada para executar as obras e sua estabilidade. Em relação à estrutura metálica, sua leveza e rapidez de execução são pontos bem chamativos para se trabalhar com este material.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dos projetos foram empregados alguns softwares e uma linha de desenvolvimento.

Inicialmente o croqui, a concepção do projeto, foi realizada no software Autocad, da Autodesk. Seguido da modelagem 3D no software Revit Architecture, também da Autodesk. Do Revit é possível se retirar informações importantes como cortes e fachadas, além da visão 3D do projeto.

Desta última, foram criadas pranchas que voltaram para o Autocad para a correção de espessuras das layers e alguns outros detalhes necessários.

A estrutura foi lançada no software de estruturas de concreto, Eberick 2018, da AltoQi, de onde foram retiradas pranchas também levadas ao Autocad para aperfeiçoamento.

Do Autocad foram formadas as pranchas finais dos projetos arquitetônico e de pré dimensionamento estrutural, e convertidas em PDF.

As imagens foram renderizadas no software Lumion.

Além disto, foram utilizados softwares complementares como o Google Maps e o Google Earth Pro.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão apresentados os resultados do processo para a elaboração dos projetos arquitetônico e estrutural.

5.1 Escolha e condicionantes do terreno

O lote escolhido para a realização do projeto se encontra na Avenida Ernesto Matioli, no Bairro Santa Efigênia, próximo à UPA – demonstrado na Figura 11 - e foi disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Lavras. Seu entorno é composto por posto

de gasolina, próximo também ao Corpo de Bombeiros, Fórum de Lavras, restaurante, e conta com linhas de transporte passando pela avenida principal. O lote atualmente não é utilizado, e para trás deste está localizado uma vasta área utilizada para pastagem de animais. Existe um certo declive, mas trabalhos de topografia e movimentação de solo facilmente poderão nivelar o mesmo, até porque existe uma rua permitindo fácil acesso a este terreno.

Figura 11 – Localização do terreno e seu entorno.



Fonte: Google Maps (2021).

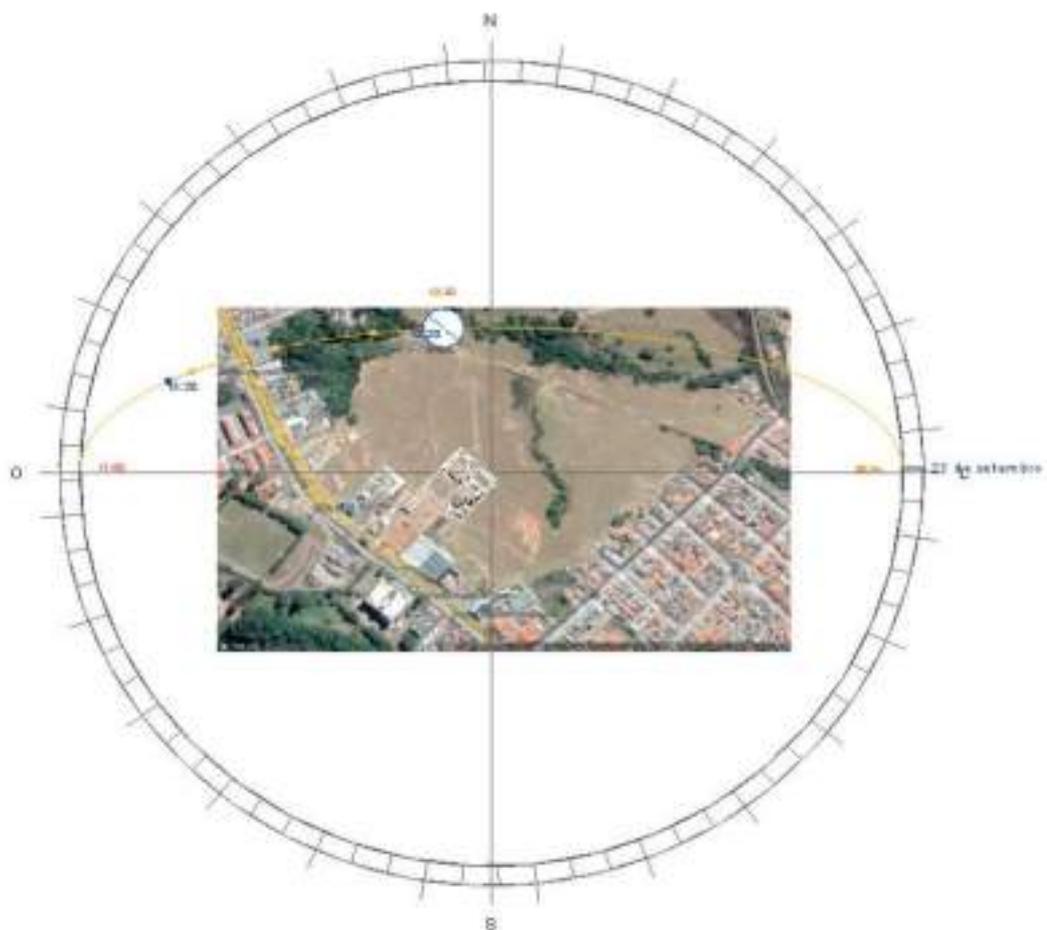
O uso do software Google Maps possibilitou a visualização do terreno em relação ao trajeto do sol, o que será mais aprofundado no próximo tópico.

Além da trajetória solar, a direção e intensidade dos ventos também foi um fator importante na concepção do projeto arquitetônico. De acordo com Bueno et. Al. (2011), a direção predominante dos ventos na cidade de Lavras é de leste a oeste, de fevereiro a novembro. Nos meses restantes, a direção predominante é de oeste para o leste. De setembro a fevereiro existe maior intensidade na incidência dos ventos.

5.2 Estudo solar

O estudo solar foi desenvolvido com auxílio dos softwares Google Earth Pro e Revit Architecture. No primeiro, foi possível identificar o norte verdadeiro para fazer as adaptações necessárias no software Revit, como explicitado na Figura 12.

Figura 12 – Representação do projeto no terreno.



Fonte: Do autor (2021).

Como fica evidenciado na Figura 12, a parte posterior do projeto está voltada para o nordeste, fazendo com que a fachada esteja voltada para o noroeste. Analisando o caminho percorrido pelo sol é possível perceber que na parte da manhã, este irá se projetar contra a região da biblioteca e piscina, e na parte da tarde, nas quais a incidência solar é mais agressiva, os raios estarão contra a fachada, justificando a escolha e uso dos brises nesta região.

Figura 13 – Representação do Projeto no terreno – Zoom.



Fonte: Google Earth Pro (2021).

A análise feita na Figura 13 trata da data de 21/09, pois é uma data na qual a variação do sol quanto à latitude se encontra mais centralizada em relação aos solstícios de verão (21/12) e de inverno (21/06).

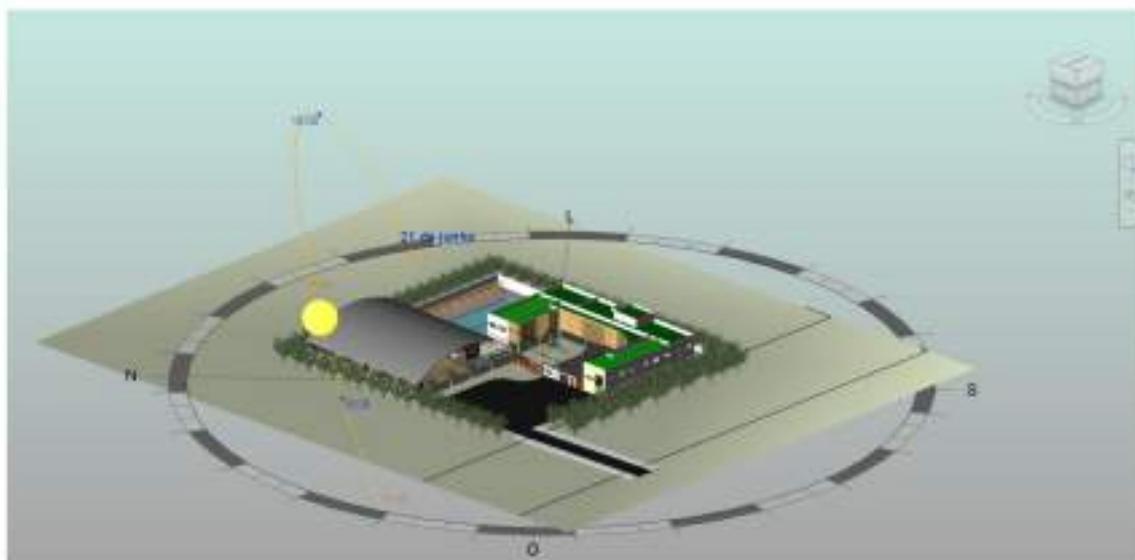
5.3 Brises

Considerando a trajetória do sol, como evidenciado na Figura 14, fez-se necessária a utilização de brises na fachada do edifício.

Com isso, haverá o fechamento com brises verticais móveis em madeira – trazendo sensação mais orgânica ao edifício, como demonstrado nas Figura 14 e Figura 15 pois possibilitam o controle da entrada e também da quebra da incidência dos raios solares,

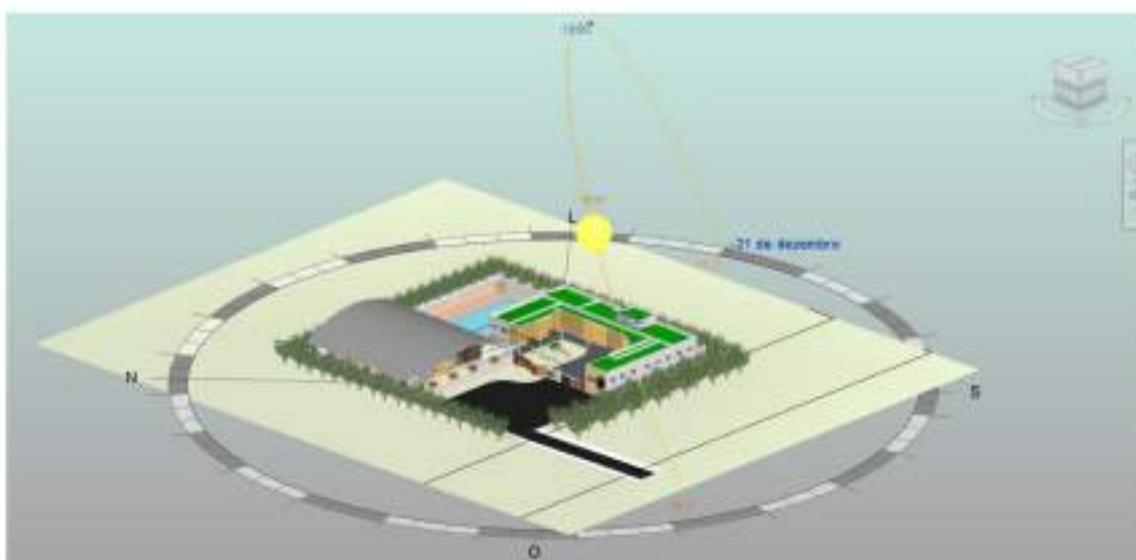
proporcionando maior conforto térmico aos usuários dos ambientes que seriam atingidos pelo sol nestes determinados períodos do dia.

Figura 14 – Esquema Demonstrativo do caminho do sol no solstício de inverno.



Fonte: Do autor (2021).

Figura 15 – Esquema demonstrativo do caminho do sol no solstício de verão.



Fonte: Do autor (2021).

Além da proteção contra os raios solares, os brises proporcionam aumento da velocidade do vento devido à redução de passagem do fluido, sendo assim duplamente eficiente no quesito conforto térmico.

O estudo foi feito considerando a variação do sol devido à translação, sendo assim, foram expostas as duas datas mais extremas em relação a esta variação, os solstícios de

inverno e verão, considerando assim toda a trajetória solar durante o decorrer do dia e também do ano.

5.4 Programa de necessidade

Neste tópico são apresentadas as necessidades iniciais para atendimento do propósito do projeto.

5.4.1 Da edificação

A escola terá como objetivo receber 240 alunos por turno – ocupação máxima, em 8 salas com 30 alunos em cada, distribuídas em dois pavimentos totalizando 720 alunos matriculados. Além das 8 salas de aula, a edificação contará com a seção da secretaria, sala dos professores, diretoria, sanitários masculino e feminino para os professores e colaboradores, arquivo e almoxarifado no nível térreo. Por se tratar de um ambiente no qual são executadas tarefas administrativas, estes serão alocados em lado oposto à área esportiva.

Os corredores serão amplos e cortarão praticamente toda a extensão da escola, tanto no térreo, como no primeiro pavimento. Por eles, é possível acessar os sanitários que estarão centralizados em relação às salas de aula, pois assim exigem menor locomoção para usuários que estão nas extremidades da edificação.

Também centralizada estará a escada que dá acesso ao pavimento superior, e na posição vertical sobre o patamar estará localizada uma parede em painel de vidro para dar maior sensação de bem estar aos transeuntes, considerando o ganho da iluminação natural. O acesso para Pessoas Com Deficiência (PCD) será feito através de um elevador localizado entre os dois lances da escada principal.

A biblioteca estará alocada na parte posterior da edificação, contando com 2 pavimentos, totalizando mais de 200m² de área construída. Esta também possuirá uma vedação em parede de vidro, com vista para a piscina e em sequência, ao horizonte. O material utilizado neste caso será o vidro laminado, pois como a biblioteca está próxima à área de esportes – piscina e quadras, foi necessário trabalhar com a redução de ruídos na própria estrutura. Além disto, as paredes restantes da biblioteca contarão com

preenchimento em EPS, também sendo uma forma de melhorar o conforto acústico do ambiente.

O refeitório contará com área de 80m², atendendo assim 1/3 dos alunos simultaneamente, considerando área de 1m² por aluno, respeitando as exigências normativas da Secretaria de Saúde do Estado.

Limítrofe ao refeitório estará a cozinha, que terá uma despensa e uma área de serviços, seguindo as normativas do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

Na mesma prumada da cozinha e refeitório, no primeiro pavimento, será alocado o auditório no primeiro pavimento, que conta com aberturas verticais nos sentidos nordeste e noroeste, e como na biblioteca possuirá vista para o horizonte, proporcionará, assim, uma experiência mais agradável aos usuários do espaço.

Entre o auditório e a biblioteca, será alocado o laboratório de computação, também com janelas proporcionando vista para o horizonte.

Como estarão próximos à área de recreação, estes ambientes contarão com adição de EPS em sua alvenaria - o EPS é centralizado, então são colocadas malhas de aço em seus dois lados (faces das paredes), sequenciados de colocação cimento - com a finalidade de redução dos decibéis e ampliação do conforto acústico.

A edificação também possuirá laboratório de ciências e biologia, além de um consultório odontológico e uma enfermaria. As salas de aula terão aproximadamente 53m² cada (aumento considerável em relação ao tamanho médio das salas de aulas da rede pública de ensino de Minas Gerais, que tem uma média de 42m² para 30 alunos), tendo assim 10m² para circulação e mais de 1,4m² como espaço individual para cada aluno. Além disso, o pé direito dos ambientes projetados é de 2,80 m, considerando a necessidade de vigas de 40cm e rebaixamento em gesso – considerando também seu pé esquerdo de 3,20 m, daí o valor do pé direito encontrado.

A maioria dos ambientes do edifício possuirão, além das aberturas de 200x120x100 nas faces externas da edificação, janelas com aberturas de 120cm x 40cm x 170cm voltadas para a região central do projeto. Isto permite, pela face externa – parte majoritária dos ambientes- , a entrada de ventilação, que percorrerá o interior dos cômodos retirando o ar quente do ambiente, que terá sua vazão pelas janelas com peitoris mais altos – 170cm, funcionalidade evidenciada nas imagens Figura 8 e Figura 9.

Os ambientes que contarão com este artifício – 2 aberturas paralelas, com peitoris de alturas distintas - estão listados a seguir: secretaria, salas de aulas 3, 4, 7 e 8, biblioteca, laboratório de ciências, dentista, enfermaria, auditório e laboratório de informática.

Os ambientes que contarão com ventilação cruzada tradicional, uso de janelas em faces paralelas ou perpendiculares, como mostrado na Figura 8, com mesma altura de peitoril, serão: cozinha, auditório e salas de aulas 2 e 6.

As salas de aulas 1 e 5 não possuirão ventilação cruzada por questão de imposição arquitetônica. A redução da temperatura nestes ambientes será feita com o uso de alvenaria dotada de EPS para redução do calor por condução, através das paredes voltadas para o noroeste / oeste.

5.4.1.1 Esquadrias

Atendendo à acessibilidade, todas as portas terão vãos livres de no mínimo 80 cm – estas, em madeira – demonstrado na Tabela 1. Há também o uso de portas de correr com vidro como material constituinte, utilizadas nos ambientes em comum, como biblioteca, auditório, laboratórios, além da secretaria e diretoria.

Tabela 1 – Quantitativo de Portas.

Contagem	Descrição	Largura (cm)	Altura (cm)
8	Porta de Madeira	80	210
16	Porta de Madeira	90	210
2	De correr, De vidro	80	210
4	De correr, De vidro	110	210
8	De correr, De vidro	220	210

Fonte: Do autor (2021).

As janelas, por sua vez – demonstradas na Tabela 2 -, atendem às normas do código de obra da cidade de Lavras quando se diz respeito à área de iluminação e ventilação em relação à área de cada ambiente.

Tabela 2 – Quantitativo de Janelas.

Contagem	Descrição	Largura(cm)	Altura (cm)	Peitoril (cm)
43	Janela Blindex 4 Folhas	200	120	100
8	Janela Basculante	45	130	90
10	Janela Basculante	80	60	170
10	Janela Basculante	100	60	170
21	Janela Basculante	120	40	170

Fonte: Do autor (2021).

Vale ressaltar que as janelas basculantes com 100 cm x 40 cm serão utilizadas para possibilitar a ventilação cruzada nos ambientes nos quais estão dispostas, como é possível notar na representação do projeto, em apêndice.

5.4.1.2 Cobertura

A edificação contará com telhado embutido, oculto por platibandas. Toda sua área será coberta com o uso de telhas sanduiche com inclinação de 10%, além da utilização de calhas e pingadeiras no perímetro. O uso deste artifício irá reduzir a temperatura interna dos ambientes trazendo mais conforto térmico aos usuários e redução de gastos com refrigeração artificial, trazendo, assim, benefícios a curto, médio e longo prazos.

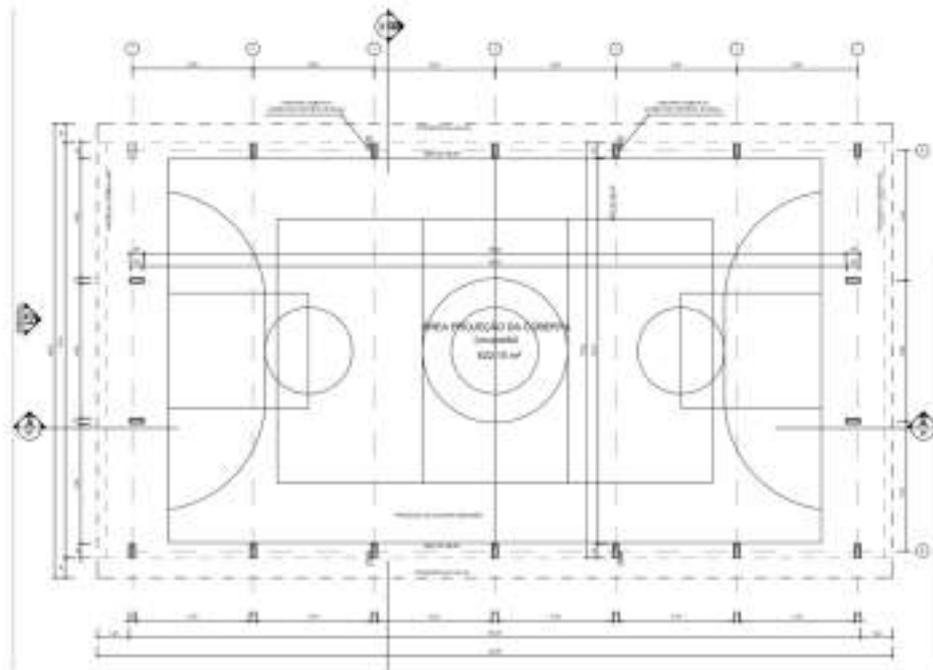
5.4.2 Da área externa

A área externa conta com a área de esportes, pátio e estacionamento, e serão apresentadas a seguir.

5.4.2.1 Área de Esportes

A área designada à prática de esportes conta com duas quadras poliesportivas e dois vestiários, sendo um masculino e um feminino – possuindo cabines acessíveis a pessoas com deficiência (PCDs), baseados nos modelos disponíveis pelo site da FNDE - o modelo de quadra da FNDE é demonstrado na Figura 16, além de uma piscina semi-olímpica com 1,20 metros de profundidade, recomendada para adaptação à natação.

Figura 16 – Modelo de quadra em planta.

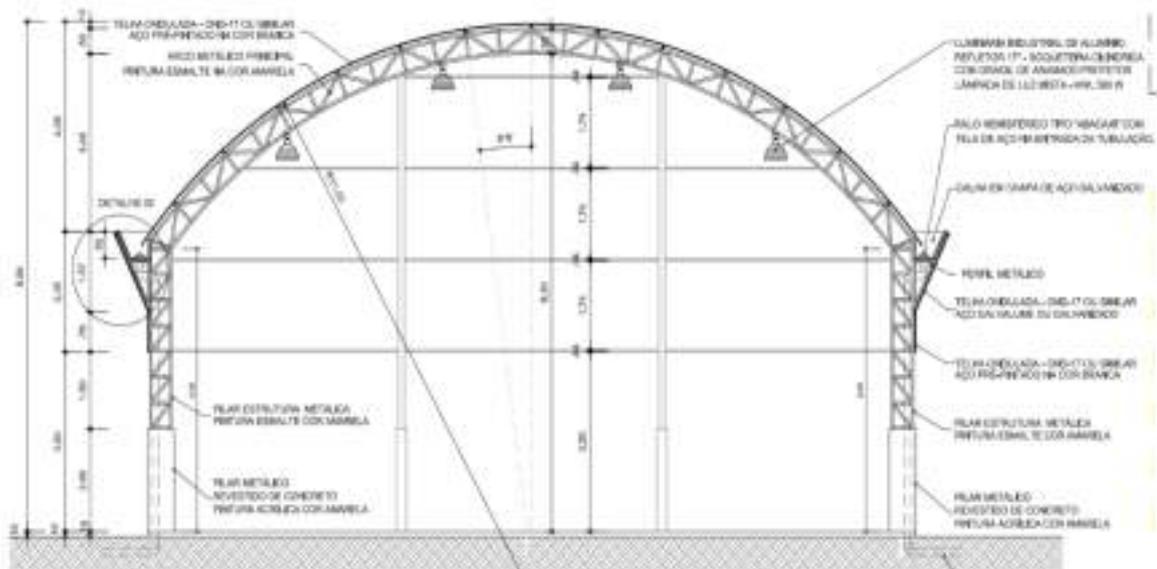


Fonte: FNDE (2017).

Existe um desnível nesta área, -1,5 m em relação ao nível térreo, +0,00 m. Para possibilitar o acesso, haverá uma escada com guarda corpo de 130 cm de altura e corrimãos, e uma rampa com inclinação de 5%, inclinação máxima para um desnível de 150 cm, segundo a NBR 9050 – *Acessibilidade* (ABNT, 2019), a norma brasileira regulamentadora quando se diz respeito às condições de acessibilidade em construções.

As duas quadras e vestiários são cobertos com telhado metálico, contando com estrutura de concreto armado e estruturas de aço na vertical (pilares), e estrutura metálica para vigas e treliças conforme exemplo disponibilizado pela FNDE, conforme representado na Figura 17.

Figura 17 – Modelo de quadra em corte.



Fonte: FNDE (2017).

As arquibancadas, tanto das quadras, quanto da piscina, seguem as normas impostas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), tendo assentos com comprimento máximo de 14 metros ininterruptos, seguidos de acesso (escada) de largura de 120cm. Além disso, os assentos têm altura de 55cm cada, e os degraus de acesso das escadas não mais do que 18cm de espelho.

5.4.2.2 Pátio

No núcleo do projeto, em seu cerne, estará alocado o pátio. Este será dividido majoritariamente em duas áreas. A primeira mais orgânica, com uso de gramado, mesas e bancos, árvores e pergolados, permitindo maior sensação de conforto para os usuários - que poderão estar em contato com uma área verde bem trabalhada enquanto presentes no ambiente escolar, além da redução da temperatura local e o aumento da umidade relativa.

A segunda área será de uso mais prático, de passagem para acesso da entrada da escola para a edificação principal. Esta contará com acabamento em madeira, devidamente tratada, que também estará disposta em outros diversos locais do projeto.

A dimensão perceptiva é algo fundamental para as discussões de questões relativas à paisagem. Não se pode falar de construção da paisagem sem considerar sua dimensão, a qual é a dimensão da percepção, o que chega aos sentidos (SANTOS, 1991).

5.4.2.3 Estacionamento

O estacionamento será amplo para melhor atender os funcionários e visitantes, contando com o uso de pavimento flexível que permite a permeabilidade das águas das chuvas, além de já haver sua tecnologia consolidada no meio técnico, garantindo assim sua adequada execução.

Segundo o Código de Obras da cidade de Lavras – MG, disponibilizado pela Prefeitura Municipal da cidade, os estacionamentos das unidades de ensino devem possuir 1 vaga para cada 35m² de área de sala de aula – exigência X do Art. 74, Seção VIII – Das Garagens e Vagas de Estacionamentos. Levando em consideração as áreas das 8 salas de aulas, tem-se 423,8m² nos dois pavimentos. Sendo assim, para este valor, o estacionamento deverá contar com 12,11 vagas, ou levando ao próximo número inteiro acima, 13 vagas. Levanta em consideração a necessidade de vagas também para os colaboradores da escola, adiciona-se 10% deste valor, totalizando 15 vagas de estacionamento.

Para o número de alunos por turno, pode ser que este não seja um valor adequado. Sendo assim, existe uma maximização do número de vagas para atender melhor a demanda, sendo disponibilizadas 27 vagas de estacionamento, um aumento de 45% em relação ao número mínimo de vagas exigidas. O número de vagas foi escolhido com o intuito de maximizar o uso do espaço disponível.

5.5 Pré Dimensionamento da Estrutura em Concreto Armado

Analisando inicialmente a estrutura das quadras, estas são cobertas com telhado metálico e vigas em arco – também metálicas. Os pilares são de concreto, na sua parte inferior, e de metal na parte superior – como possível notar nos cortes CC e DD, apresentados nas pranchas do projeto arquitetônico, em apêndice, seguindo modelo do FNDE.

A estrutura dos corredores do edifício principal também contam com vigas e pilares metálicos, possibilitando vãos maiores, redução no uso de pilares e dando à fachada e ao pátio maior leveza, fluxo e menor poluição visual.

Em relação à estrutura do edifício principal, trabalhado em concreto armado, contendo as salas de aulas, secretaria, biblioteca, dentre outros, foi realizado o pré dimensionamento dos pilares e vigas no software Eberick 2018.

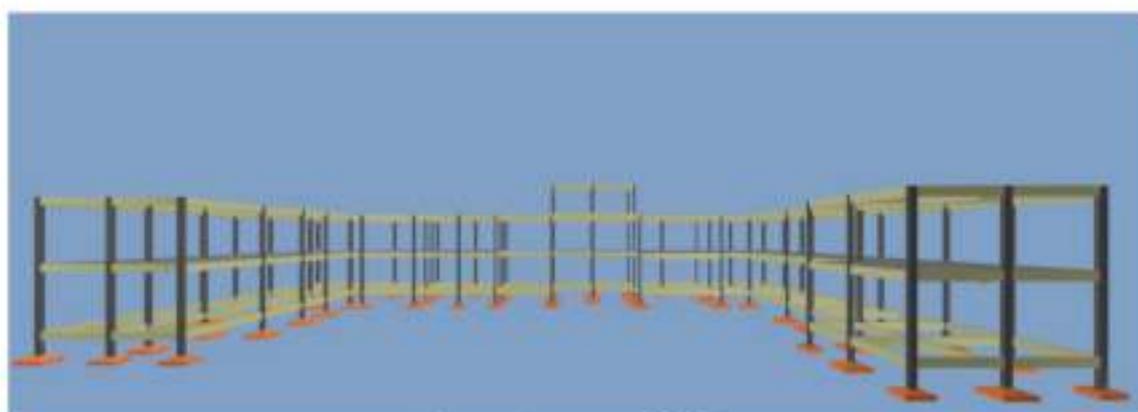
Este pré dimensionamento possibilitou a visualização de componentes conflitantes, como pilares passando no mesmo espaço de janelas, o que fez com que houvessem algumas alterações no projeto arquitetônico, evitando desgastes no canteiro e na execução da obra.

As plantas de forma se encontram em apêndice, o que possibilita a visualização da locação dos pilares, vigas e lajes. Nas vigas foram adicionadas as cargas das paredes, considerando os vãos das portas e janelas, tendo redução nestas cargas. As lajes tiveram cargas de uso e de peso próprio adicionadas, de acordo com a NBR 6120 – *Ações para o cálculo de estruturas de edificações* (ABNT, 2019) – assim como as cargas de paredes.

Todas as vigas baldrame e seções dos pilares abaixo do nível do solo possuem base de 20cm, ao contrário dos demais, que possuem base de 15cm, pois abaixo do solo existe maior risco de corrosão dos componentes devido à umidade. Há também uma forte recomendação do uso de impermeabilizantes.

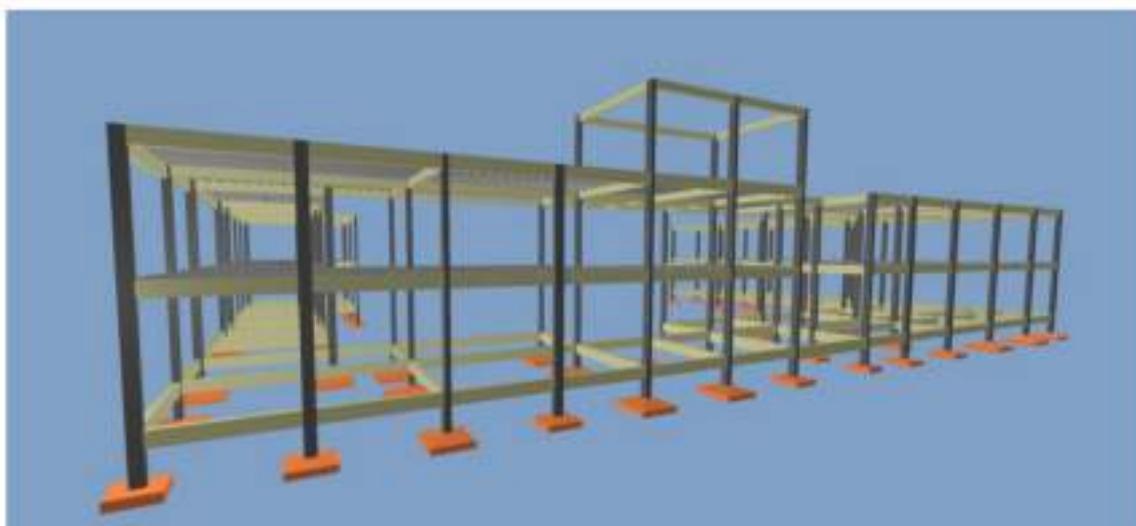
A lançamento estrutural é apresentada nas figuras 18 e 19, evidenciando posicionamento das vigas, pilares, lajes e suas fundações.

Figura 18 – Perspectiva do lançamento estrutural.



Fonte: Do autor (2021).

Figura 19 – Perspectiva 2 do lançamento estrutural.



Fonte: Do autor (2021).

As vigas, em sua maioria, possuem altura de 40cm, seguindo a ideia do projeto arquitetônico em relação à altura permitida para o rebaixamento em gesso, com exceção de algumas vigas na mesma prumada da alvenaria, que contam com 50cm – V16, da cobertura – e 60cm – V19, do primeiro pavimento. Além disto, algumas vigas da cobertura, como V3, V5, V28, V31 e V34 foram elevadas devido à necessidade de aumento de suas seções, resultando em vigas invertidas, como observado na Figura 20.

Figura 20 – Vigas Invertidas na Cobertura.



Fonte: Do Autor (2021).

As cargas das caixas d'água também foram consideradas e adicionadas nas lajes da cobertura. Foram consideradas 5 caixas d'água com 3.000L cada, para atender 240

pessoas simultaneamente, considerando 50L/dia para cada pessoa, com adicional de 3.000L para visitantes e para recepção de eventos no local. Além disto, as cargas da estrutura metálica e das telhas sanduíche também foram consideradas, de acordo com a NBR 6120 – *Ações para o cálculo de estruturas de edificações* (ABNT, 2019).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a região próxima à Avenida Ernesto Mattioli, os bairros Santa Efigênia, Bela Vista, Jardim Floresta, Jardim das Magnólias, etc, nota-se a necessidade de uma escola pública mais inclusiva, bem projetada e de maior qualidade em relação às já existentes na região. Isto trará benefícios às famílias e usuários deste espaço.

Aumentar a qualidade no ensino, também acarreta no aumento da dignidade destes cidadãos usuários da escola e de seus familiares. Além disto, a implantação de uma escola deste porte moderniza a região – que vem cada vez mais sendo urbanizada e se tornando ponto de referências por outros edifícios de grande importância, como o Fórum da cidade, o Corpo de Bombeiros e a UPA -, traz mais apelo visual, e pode gerar maior integração da população.

O projeto foi idealizado de modo a garantir o conforto dos usuários, aumentando seu interesse no aprendizado através da sensação de bem estar e pertencimento a um espaço de qualidade. Corredores amplos, uso de gramado, pergolados e brises de madeira são componentes que fazem com que os usuários tenham maior sensação de contato com a natureza e, em um espaço mais orgânico, iluminado e bem ventilado, é muito mais provável a captação de inspiração e motivação no próprio ambiente.

Como citado, estudantes mais inspirados e motivados têm maior facilidade na captação de aprendizado, seja acadêmico, social ou mesmo pessoal. Isto forma cidadãos mais capazes de mudar uma sociedade, sendo estes mais tolerantes, mais proativos, tendo maior facilidade em expressar seus ideais, formando assim, profissionais e indivíduos com o poder e vontade de tornar a sociedade presenciada por eles cada vez mais evoluída em aspectos como educação, convivência e tolerância.

É válido ressaltar a necessidade de cálculo das armaduras do projeto estrutural, foi feito apenas o pré dimensionamento dos componentes estruturais.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento do projeto utilizando-se as normas sempre mais atualizadas possíveis. Neste, vale salientar a importância de considerar a NBR 9050 – *Acessibilidade* (ABNT, 2020), que traz consigo no item 10.15.2 e conseqüentemente na Tabela 7 a informação de que deve existir uma cabine sanitária para PCD externa aos banheiros existentes.

Ainda na NBR 9050 – *Acessibilidade* (ABNT, 2020), tem-se a informação de que as estantes para livros da biblioteca devem ser fixas com espaço mínimo de passagem para todos poderem ter acesso a todo o conteúdo ali disponível.

Para complementar, é importante salientar a necessidade de pisos táteis em toda a área de uso comum, pois isto proporcionará maior independência e autonomia para indivíduos portadores de quaisquer tipos de problemas visuais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estrutura de concreto - Procedimento. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 9050: Acessibilidade. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro, 2015.

_____. NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro, 2019.

ALVA, G. M. S. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. 2007. 24 p. Relatório (Estruturas de Concreto). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

BERTOLOTI, D. Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Ventilação Natural em Edificações**. Rio de Janeiro, 2010.

BRAGA, D. K. **Arquitetura residencial das superquadras do Plano Piloto de Brasília: aspectos de conforto térmico**. 2005. 168 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

BRASIL. (FNDE). **Infraestrutura Física (Escolar)**. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/par/eixos-de-atuacao/infraestrutura-fisica-escolar>. Acessado em 16/08/2021.

_____. **Projetos arquitetônicos para construção**. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/acessibilidade/item/525-projetos-arquitet%C3%B4nicos-para-constru%C3%A7%C3%A3o>. Acessado em 16/08/2021.

CARLUC, **Viga invertida**, 2020. Disponível em: <https://carluc.com.br/elementos-construtivos/viga-invertida/>. Acessado em: 15 de set. 2021.

CHAMMA, P. V. C.; SALCEDO, R. F. B. Método de ensino do projeto arquitetônico: uma proposta dialógica. **Patrimônio, paisagem e cidade**. Tupã: ANAP, p. 09-34, 2016.

DEGANI, C. M.; CARDOSO, F. F. A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico. **NUTAU, 2002** – Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 7 a 11 de outubro de 2002.

DURKHEIM, É. **As Formas Elementares da Vida Religiosa**. São Paulo: Edições Paulinas, 1989.

GIOVANI, B., *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*, 1994.

GONÇALVES, F. P. **O desempenho dos pavimentos flexíveis**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 1999.

GUILHERME, W. D (Org.). **A Produção do Conhecimento nas Ciências Sociais Aplicadas 5**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019.

LÔBO, D. G. F.; BITTENCOURT, L. S. A influência dos captadores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quentes e úmidos. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 2, p. 57-67, 2003.

LOPES, J. F.; CAPELLINI, V. L. M. F. Escola Inclusiva: um estudo sobre a infraestrutura escolar e a interação entre os alunos com e sem deficiência. **Cadernos de Pesquisa em Educação**, n. 42, 2015.

LUCAS, P. **Ventilação natural em edifícios**. 2011. 67p. Relatório de estágio (Licenciatura em Engenharia do Ambiente) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico da Guarda, Guarda, 2011.

MACEDO, S. C. K. **A metodologia BIM aplicada ao conforto ambiental nas edificações: um estudo descritivo.** Colatina, 2021. 13 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Sustentabilidade no Ambiente Construído) – Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, 2021.

MARCONDES, M. P. **Soluções projetuais de fachadas para edifícios de escritórios com ventilação natural em São Paulo.** 2010. 261p. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NEDER, J. S.; NEVES Jr., L. O. F. **Proposta Arquitetônica para Centro Administrativo em Lavras, MG.** 2021.

NOVAIS, J. W. Z. et al. Comparação do desempenho térmico de painéis em EPS como alternativa aos tijolos cerâmicos no conforto térmico de residências em Cuiabá-MT. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 13, n. 1, 2014.

PEIXOTO, F. J. B. A infraestrutura escolar e os impactos no processo de ensino e aprendizagem: um estudo na perspectiva de estudantes e professores de escolas da rede municipal de Cruz Das Almas. 2018.

SANTOS C.G. et al. Poliestireno expandido na construção civil. **Pós em Revista**, v.8, 2013.

SANTOS, A. de O.; LOPES, L. T. Acesso e cuidados especializados. **Acesso e cuidados especializados.** 2021. p. 127-134.

SANTOS, R. G. dos. **Arquitetura da Paisagem da Cidade: uma leitura da vegetação urbana inserida no sistema viário.** Florianópolis, 2003. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

SILVA, J. S. da. **A eficiência do brise-soleil em edifícios públicos de escritórios: estudo de casos no Plano Piloto de Brasília.** 2007. 144 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

TEIXEIRA, A. B.; MARTINS, M. de C. A importância das árvores na cidade de Lavras, Minas Gerais, Brasil. Perspectivas de conforto térmico-visual e pertencimento afetivo urbano. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 10, n. 1, p. 101-122, 2020.

TELHAS TERMOACÚSTICAS. Portal Metálica: Construção Civil, 2016. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/caracteristicas-das--telhas-termoacusticas>. Acesso em: 27 de ago. 2021.

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

VIEIRA, D. D.. Entre Tuan e Lévy: Uma análise das habilidades espaciais no ambiente virtual. **Revista Conhecimento Online**, v. 2, p. 69-78, 2016.

VISENTIN, T. G.; CARDOSO, G. T.; BENINCÁ, L. Arquitetura Bioclimática: Avaliação Pós Ocupação (APO) em escola pública estadual. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 6, n. 1, p. 49-61, 2017.

G1. Projeto de Escola Rural no Tocantins, 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2018/11/21/projeto-de-escola-rural-no-tocantins-vence-premio-internacional-de-arquitetura.ghtml>. Acesso em: 03 de dez. 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PRANCHAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO