

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA
ETEC SYLVIO DE MATTOS CARVALHO
Curso de Técnico em Eletrotécnica**

Danilo dos Santos Pereira

Fernando Lima

Gabriel Araújo

Isis Helena Da Silva Zaneti

João Paulo Gangorra Araújo

**INSTALAÇÃO DE AR-CONDICIONADO NAS SALAS PARA
MELHORIA NA ETEC.**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, orientado pelo(a) Prof.(a). Thiago Moraes Prado, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Eletrotécnica.

**Matão, SP
2023**

Agradecimentos:

Gostaríamos de deixar registrado nesse documento nosso profundo agradecimento a todos que colaboraram para que chegássemos até aqui.

Ao nosso Deus:

Neste momento de gratidão profunda, olho para o caminho percorrido com reverência, reconhecendo que cada passo foi possível através da Sua orientação e força. A jornada de conclusão do curso de Técnico em Eletrotécnica foi desafiadora, mas a Sua luz iluminou cada escuridão, guiando-nos com amor e sabedoria.

À nossa amada família,

Vocês foram o alicerce inabalável que sustentou meus sonhos. Cada encorajamento, cada sacrifício feito em prol do nosso sucesso, não passa despercebido. A família é o maior presente que Deus nos concede, e a nossa é um tesouro incomparável. Obrigado por serem a fonte constante de apoio e inspiração.

Ao nosso cônjuge,

Nas horas de estudo intenso e nos desafios que surgiram, sua paciência e amor foram bálsamos para a nossa alma. Compartilhar este caminho com vocês tornou cada vitória mais doce e cada obstáculo mais superável. Agradecemos por ser o nosso porto seguro, nossa fonte de amor incondicional.

Aos nossos filhos,

Vocês foram testemunhas da minha jornada, e cada conquista é dedicada a vocês. Que este percurso sirva como inspiração para que alcancem seus próprios sonhos. Seu apoio e compreensão tornaram essa jornada mais significativa.

Aos professores,

Palavras não são suficientes para expressar a gratidão pelos mestres que dedicaram seu tempo e conhecimento. Vocês foram faróis, guiando-nos com paixão e dedicação. Cada lição aprendida, cada desafio superado, é reflexo da excelência que vocês nos inspiraram a buscar.

Hoje, ao alcançarmos a conclusão deste curso, percebemos que não caminhamos sozinhos. Cada pessoa que faz parte desta jornada é uma peça essencial no quebra-cabeça da nossa realização. Deus, família, cônjuge, filhos, professores – cada um de vocês é uma bênção que enriqueceu este capítulo das nossas vidas.

Neste momento de agradecimento, olhamos para trás com gratidão, para frente com esperança, e para o presente com a certeza de que somos amados e apoiados. Que esta conquista seja apenas o início de uma jornada repleta de realizações e aprendizados, guiada pela luz divina e pelo amor incondicional que permeia nossas vidas.

Sumário

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introdução: | 5 |
| 1.2 | Desafios Climáticos e a Necessidade de Ambientes Educacionais Climatizados | 5 |
| 1.3 | Climatização como Facilitadora do Processo Educacional: | 5 |
| 1.4 | Impactos Climáticos na Saúde e no Desempenho: | 5 |
| 1.5 | Sustentabilidade e Eficiência Energética:..... | 6 |
| 1.6 | Perspectivas Futuras e Conclusão da Introdução: | 6 |
| 2 | Objetivo Geral: | 6 |
| 2.2 | Implementar um Sistema de Climatização Eficiente em Salas de Aula..... | 6 |
| 3 | Objetivos Específicos: | 7 |
| 3.2 | Refinando a Jornada Rumo à Climatização Ideal em Salas de Aula..... | 7 |
| 3.3 | Avaliar as Necessidades Térmicas:..... | 7 |
| 3.4 | Selecionar o Sistema Mais Adequado:..... | 8 |
| 3.5 | Analisar o Impacto na Qualidade do Ambiente de Aprendizado: | 8 |
| 4 | Revisão Bibliográfica | 8 |
| 4.2 | Conceitos Básicos | 8 |
| 4.3 | Explorando o Conforto Térmico e sua Influência no Desempenho Acadêmico . | 8 |
| 4.4 | Conceituando o Conforto Térmico:..... | 9 |
| 4.5 | Influências no Desempenho Acadêmico: | 9 |
| 4.6 | Adaptação ao Ambiente de Aprendizado: | 9 |
| 4.7 | Sistemas de Climatização: Navegando pelas Tecnologias Disponíveis:..... | 10 |
| 5 | Revisão das Tecnologias Disponíveis: | 10 |
| 5.2 | Ar-condicionado tipo Split: | 10 |
| 5.3 | Sistemas Dutos de Ar (Dutado):..... | 11 |
| 5.4 | Ar Condicionado Central: | 11 |
| 5.5 | VRF (Volume de Refrigerante Variável): | 12 |
| 5.6 | Comparativo de Sistemas: | 13 |
| 5.7 | Eficiência Energética: | 13 |
| 5.8 | Controle e Personalização: | 13 |
| 5.9 | Custo e Manutenção: | 13 |
| 5.10 | Escolha do Sistema Split e Justificativa | 13 |
| 6 | Normas e Regulamentações: | 14 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6.2 | Padrões Técnicos para Instalação de Sistemas de Ar-Condicionado em Ambientes Educacionais | 14 |
| 6.3 | Normas Técnicas Aplicáveis:..... | 14 |
| 7 | Metodologia: | 15 |
| 7.2 | Diagnóstico das Necessidades Térmicas:..... | 15 |
| 7.3 | Projeto e Dimensionamento: | 15 |
| 7.4 | Detalhamento do projeto de instalação. | 15 |
| 7.5 | Cálculos de capacidade térmica necessária..... | 16 |
| 7.6 | Dimensionamento dos condutores: | 18 |
| 8 | Execução: | 21 |
| 8.2 | Registro do processo de instalação..... | 21 |
| 9 | Avaliação do Conforto Térmico: | 23 |
| 9.2 | Coleta de dados pós-instalação. | 23 |
| 9.3 | Análise da satisfação dos usuários. | 23 |
| 10 | Conclusão: | 24 |
| 10.2 | Transformando Desafios em Conquistas no Ambiente Educacional Climatizado 24 | |
| 11 | Referências Bibliográficas: | 25 |

1 INTRODUÇÃO:

1.2 Desafios Climáticos e a Necessidade de Ambientes Educacionais Climatizados

No compasso incessante das mudanças climáticas que têm delineado a paisagem do nosso planeta nas últimas décadas, surge uma necessidade premente de repensarmos e adaptarmos diversos aspectos de nossas vidas. Dentro desse contexto, as instituições educacionais emergem como pilares cruciais na construção de um futuro resiliente e sustentável. Entre as muitas facetas dessa transformação, destaca-se a grande importância de ambientes de aprendizado climatizados.

O século XXI testemunhou alterações climáticas significativas, manifestando-se em eventos extremos, aumento de temperaturas e padrões climáticos imprevisíveis. Em meio a esse cenário desafiador, as salas de aula, espaços onde se forjam mentes e se delineiam os alicerces do conhecimento, tornam-se arenas cruciais para a implementação de soluções adaptativas. A climatização desses ambientes não é mais um luxo, mas uma necessidade intrínseca à busca pela excelência educacional em um mundo em constante evolução.

1.3 Climatização como Facilitadora do Processo Educacional:

A temperatura e a qualidade do ar não são meros detalhes ergonômicos, mas elementos intrinsecamente ligados ao desempenho acadêmico e bem-estar dos estudantes. Estudos crescentes apontam para a correlação direta entre condições ambientais favoráveis e a eficácia do ensino. Salas de aula climatizadas não apenas proporcionam conforto térmico, mas também criam um ambiente propício à concentração, ao aprendizado ativo e à produtividade, fatores críticos em um cenário educacional dinâmico.

1.4 Impactos Climáticos na Saúde e no Desempenho:

Além do impacto no processo de aprendizagem, a saúde dos alunos e professores está intrinsecamente ligada às condições climáticas dos ambientes educacionais. O aumento das temperaturas pode acarretar desconforto físico, fadiga e até mesmo impactos na saúde respiratória. Diante de uma população estudantil diversificada e vulnerável, a garantia de ambientes climatizados se torna uma medida essencial para promover a saúde e o bem-estar.

1.5 Sustentabilidade e Eficiência Energética:

Paralelamente, em um mundo cada vez mais voltado para a sustentabilidade, a climatização de salas de aula requer uma abordagem equilibrada. A busca por soluções eficientes em termos energéticos e ecologicamente responsáveis é imperativa. A implementação de sistemas inteligentes e tecnologias sustentáveis não apenas reduz o impacto ambiental, mas também serve como exemplo inspirador para as gerações futuras.

1.6 Perspectivas Futuras e Conclusão da Introdução:

Ao adentrarmos um futuro moldado por desafios climáticos, a climatização de salas de aula emerge como um investimento não apenas na educação do presente, mas na construção de sociedades resilientes e conscientes. Este trabalho visa explorar profundamente essa temática, analisando os múltiplos aspectos que envolvem a criação de ambientes educacionais climatizados, alinhados aos imperativos do nosso tempo.

Nas páginas que se desdobram a seguir, buscaremos compreender não apenas a urgência dessa transformação, mas também as nuances técnicas, sociais e ambientais que permeiam essa jornada. Que este estudo não seja apenas uma análise acadêmica, mas sim um convite à reflexão e ação, impulsionando-nos na direção de salas de aula que não apenas educam, mas que também se adaptam e prosperam diante dos desafios climáticos que moldam o nosso amanhã.

2 OBJETIVO GERAL:

2.2 Implementar um Sistema de Climatização Eficiente em Salas de Aula

No panorama dinâmico da educação contemporânea, reconhecemos que o ambiente de aprendizado desempenha um papel crucial no desenvolvimento acadêmico e no bem-estar dos estudantes. O objetivo central deste projeto é ir além das paredes físicas das salas de aula, buscando implementar um sistema de climatização eficiente que não apenas regule a temperatura, mas que também promova condições ideais para a concentração, aprendizado e conforto dos seus ocupantes.

Ao direcionar nossos esforços para a implementação de um sistema de climatização, almejamos criar um ambiente propício ao florescimento intelectual. O termo "eficiência" aqui transcende a simples manutenção de uma temperatura agradável; ele abraça a busca por soluções que otimizem o uso de recursos, sejam economicamente viáveis e respeitem os princípios da sustentabilidade.

A eficiência, nesse contexto, está intrinsecamente ligada à capacidade do sistema de se adaptar dinamicamente às diferentes demandas e condições climáticas. Buscamos

não apenas um conforto momentâneo, mas uma solução inteligente que ajuste seu desempenho de acordo com a ocupação da sala, as variações sazonais e as características arquitetônicas específicas de cada ambiente de aprendizado.

É essencial ressaltar que a implementação deste sistema não se trata apenas de tecnologia, mas de um investimento no processo educacional como um todo. Ambientes climatizados adequadamente não apenas melhoram as condições para o aprendizado, mas também contribuem para a saúde física e mental dos estudantes e professores. A eficiência, portanto, se manifesta não apenas na regulação térmica, mas também na promoção de um espaço que estimula o potencial máximo de cada indivíduo.

Além disso, a busca pela eficiência energética e soluções ecologicamente responsáveis permeia cada fase deste projeto. A consciência ambiental é parte integrante do compromisso em criar ambientes de aprendizado que não apenas atendam às necessidades do presente, mas que também sejam sustentáveis a longo prazo.

Dessa forma, o objetivo geral de implementar um sistema de climatização eficiente em salas de aula é uma jornada em direção a espaços educacionais que não apenas acompanham as demandas do mundo contemporâneo, mas que também se destacam como referências de inovação, bem-estar e responsabilidade ambiental. Este é um compromisso com a qualidade da educação e o cuidado com aqueles que moldarão o futuro. –

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

3.2 Refinando a Jornada Rumo à Climatização Ideal em Salas de Aula.

Na busca pela implementação de um sistema de climatização eficiente em salas de aula, delineamos objetivos específicos que funcionam como os pilares estratégicos para o sucesso deste empreendimento. Cada meta delineada não apenas representa um passo tangível, mas também contribui para a realização do panorama mais amplo: a criação de um ambiente educacional termicamente confortável e propício ao aprendizado.

3.3 Avaliar as Necessidades Térmicas:

Iniciaremos nossa jornada conduzindo uma avaliação detalhada das necessidades térmicas em cada sala de aula. Isso envolverá a coleta de dados precisos sobre fatores como orientação solar, isolamento térmico, e características específicas de cada ambiente. A compreensão profunda das variáveis térmicas é fundamental para dimensionar corretamente o sistema de climatização.

3.4 Selecionar o Sistema Mais Adequado:

Com base nas informações coletadas, o próximo passo consistirá na seleção criteriosa do sistema de climatização mais adequado para cada sala de aula. Este processo incluirá uma análise comparativa de diferentes tecnologias, levando em consideração a eficiência energética, custo-benefício e sustentabilidade. O objetivo é encontrar soluções personalizadas que atendam às demandas específicas de cada espaço.

3.5 Analisar o Impacto na Qualidade do Ambiente de Aprendizado:

Além de avaliar as condições térmicas, este projeto visa aprofundar-se na análise do impacto mais amplo da climatização na qualidade do ambiente de aprendizagem. Isso incluirá a observação de fatores como a concentração dos alunos, o desempenho acadêmico e a satisfação geral dos professores e estudantes. A eficácia do sistema não será medida apenas em termos de temperatura, mas também em como ele contribui para a melhoria do ambiente educacional como um todo.

Estes objetivos específicos funcionam de maneira sinérgica, formando uma abordagem holística que visa não apenas resolver desafios térmicos imediatos, mas também criar uma base sólida para a excelência educacional. O processo de avaliação, seleção e análise não é apenas técnico; é uma busca contínua pela harmonia entre o conforto térmico e o florescimento intelectual. Ao alcançar esses objetivos, aspiramos não apenas a climatizar salas de aula, mas a transformá-las em espaços inspiradores, onde o aprendizado se torna uma experiência integral e enriquecedora.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.2 Conceitos Básicos

4.3 Explorando o Conforto Térmico e sua Influência no Desempenho Acadêmico

Em um cenário educacional dinâmico, onde a busca pela excelência transcende as fronteiras do conhecimento formal, é imperativo compreender o papel fundamental desempenhado pelo conforto térmico no processo de aprendizagem. O termo "conforto térmico" vai além da mera sensação de calor ou frio; ele encapsula uma sinergia complexa entre fatores ambientais e a resposta fisiológica e psicológica dos indivíduos.

4.4 Conceituando o Conforto Térmico:

O conforto térmico, em sua essência, refere-se ao estado em que uma pessoa se encontra satisfeita com a temperatura do ambiente ao seu redor. Este estado não é estático; é uma interação dinâmica entre variáveis como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e a atividade física do indivíduo. Em um contexto acadêmico, onde a concentração e o envolvimento são cruciais, o equilíbrio desses fatores desempenha um papel determinante.

4.5 Influências no Desempenho Acadêmico:

A relação intrínseca entre conforto térmico e desempenho acadêmico é uma área de estudo que ganha crescente atenção. Estudos científicos indicam que ambientes termicamente desconfortáveis podem resultar em distração, fadiga e redução da capacidade cognitiva. Quando os alunos estão sujeitos a temperaturas extremas, seja excesso de calor ou frio, o foco na aprendizagem diminui, comprometendo a qualidade do ensino e o desempenho geral.

Além disso, o conforto térmico influencia diretamente o bem-estar psicológico dos estudantes e professores. Ambientes excessivamente quentes podem criar uma sensação de desconforto, irritabilidade e falta de motivação. Da mesma forma, salas de aula frias demais podem resultar em desconforto físico, levando a distrações constantes.

4.6 Adaptação ao Ambiente de Aprendizado:

Ao considerar o impacto do conforto térmico, torna-se evidente que a adaptação do ambiente de aprendizagem é crucial para maximizar o potencial dos alunos. Isso envolve não apenas a instalação de sistemas de climatização eficientes, mas também a consideração de fatores como a orientação das salas, a ventilação adequada e a escolha de materiais de construção que contribuam para um equilíbrio térmico ideal. Em resumo, a explanação sobre conforto térmico transcende o âmbito da temperatura em si; ela se insere no cerne da experiência educacional. Ao compreender e otimizar as condições térmicas nas salas de aula, estamos investindo não apenas em um ambiente físico agradável, mas na promoção de um cenário propício ao aprendizado, onde cada aluno pode alcançar seu potencial máximo de forma confortável e inspiradora. Este é um convite à reflexão sobre a grande importância de criar ambientes educacionais que nutram não apenas a mente, mas também o bem-estar físico e emocional de todos os envolvidos no processo educativo.

4.7 Sistemas de Climatização: Navegando pelas Tecnologias Disponíveis:

No universo dinâmico da climatização, onde o conforto ambiental é uma peça-chave, a variedade de tecnologias disponíveis desempenha um papel crucial na busca por soluções eficientes e adaptáveis. A revisão dessas tecnologias oferece um panorama abrangente, permitindo a compreensão das nuances que influenciam a escolha de sistemas de climatização em diferentes contextos.

5 REVISÃO DAS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS:

5.2 Ar-condicionado tipo Split:

Este sistema, composto por uma unidade interna e uma externa, é amplamente reconhecido pela sua versatilidade e eficiência. A instalação relativamente simples e a capacidade de climatizar áreas específicas tornam-no uma escolha popular para espaços menores ou salas individuais.

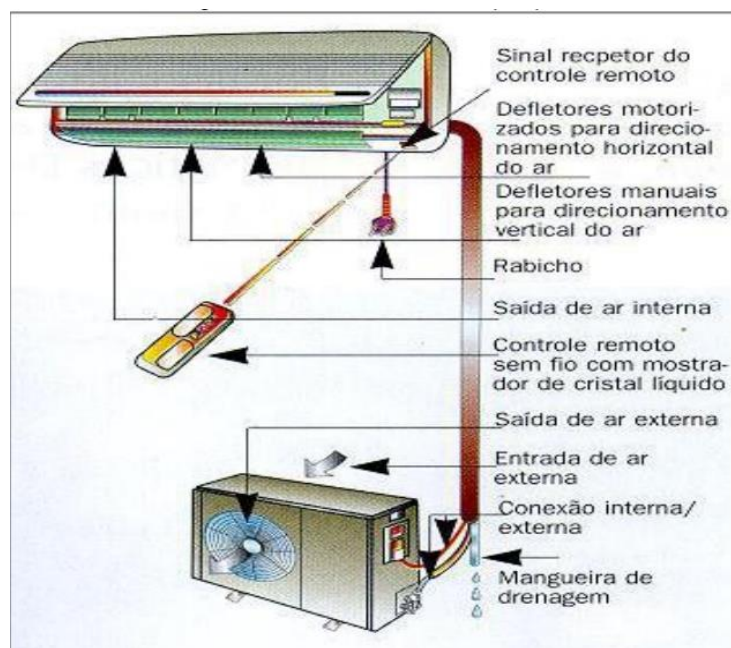


Figura 1: Ar condicionado tipo split

Fonte: <https://www.climatizacaomarim.com.br/funcionamento-do-ar-split.html>

5.3 Sistemas Dutos de Ar (Dutado):

Ao optar por sistemas dutados, a distribuição do ar ocorre através de dutos embutidos, permitindo uma climatização uniforme em ambientes maiores. Ideal para espaços comerciais ou residenciais com múltiplas salas, esse sistema oferece controle preciso da temperatura em diferentes áreas.

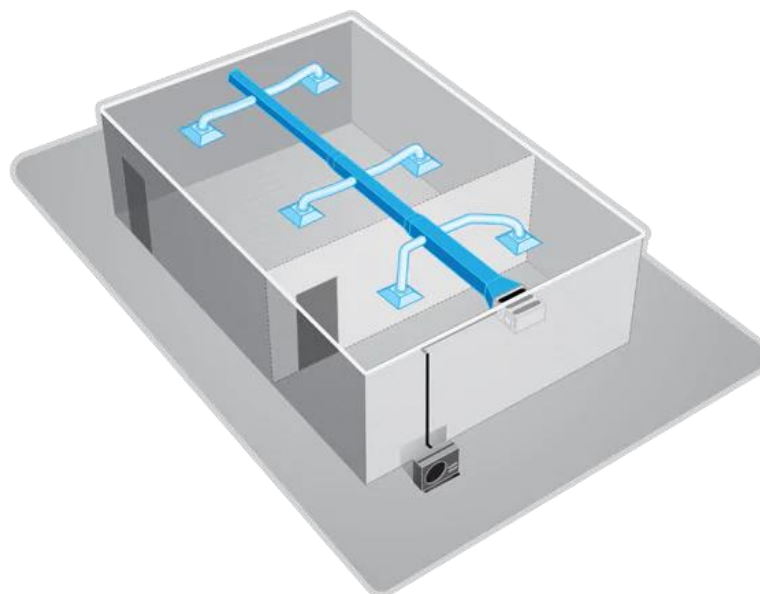


Figura 2: Ar condicionado tipo split dutado

Fonte: <https://unisarcondicionado.com.br/sistemas-split-dutado>

5.4 Ar Condicionado Central:

Configurado para climatizar ambientes amplos, como edifícios comerciais ou institucionais, os sistemas de ar-condicionado central oferecem eficiência energética e controle centralizado. A capacidade de ajustar a temperatura em grandes espaços torna esse sistema ideal para ambientes onde a demanda térmica é variável.

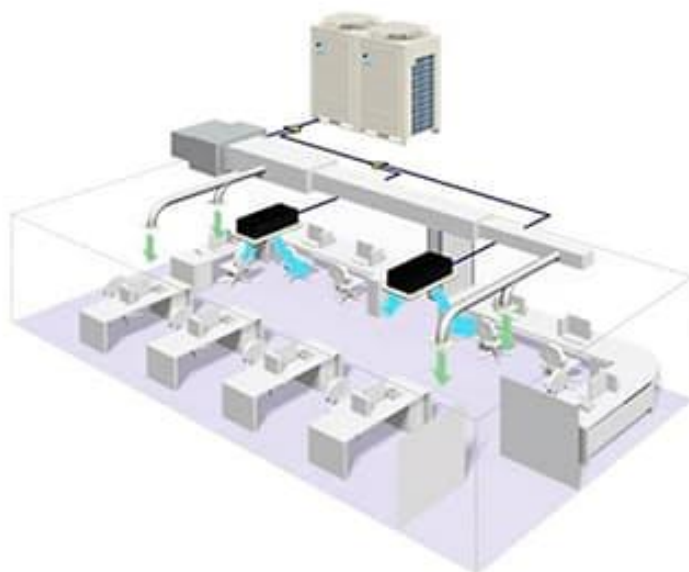


Figura 3: Sistema central de ar condicionado

Fonte: <https://novaerarefrigeracao.com.br/instalacao-de-ar-condicionado/>

5.5 VRF (Volume de Refrigerante Variável):

Esta tecnologia, popular em edifícios comerciais, proporciona controle individualizado da temperatura em diferentes zonas. A capacidade de ajustar a quantidade de refrigerante circulante torna os sistemas VRF eficientes e econômicos, adaptando-se dinamicamente às necessidades de cada ambiente.

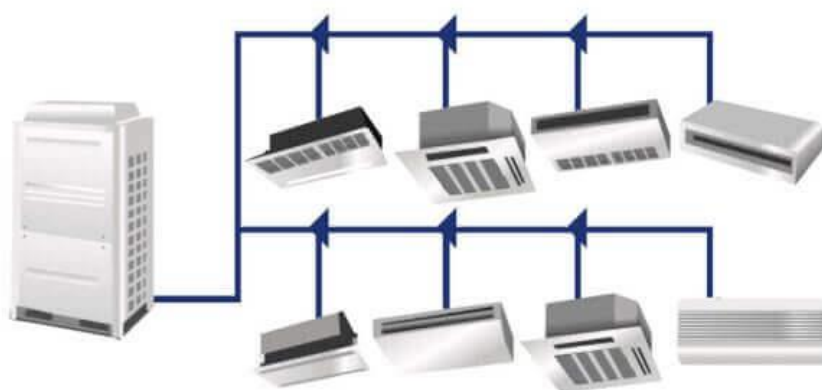


Figura 4: Sistema de ar condicionado tipo VRF

Fonte: <https://ambiente-ar-condicionado.com.br/blog/como-funciona-o-sistema-de-refrigeracao-vrf>

5.6 Comparativo de Sistemas:

A escolha entre esses sistemas não é simples, pois cada um apresenta vantagens e limitações distintas. O ar-condicionado tipo split, por exemplo, destaca-se pela simplicidade, enquanto os sistemas dutados e centrais são projetados para climatizar áreas mais extensas. O VRF, por sua vez, oferece uma combinação única de eficiência e controle individualizado.

5.7 Eficiência Energética:

Sistemas mais modernos, como VRF e alguns modelos de splits, têm se destacado pela eficiência energética, reduzindo o consumo de eletricidade e minimizando o impacto ambiental.

5.8 Controle e Personalização:

A capacidade de ajustar a temperatura de maneira específica em diferentes zonas é uma característica fundamental dos sistemas dutados e VRF, proporcionando um controle preciso adaptado às necessidades variadas de cada ambiente.

5.9 Custo e Manutenção:

O investimento inicial, os custos operacionais e as necessidades de manutenção variam entre os sistemas. Splits, geralmente, possuem menor custo inicial, enquanto sistemas centrais e VRF podem apresentar maior eficiência a longo prazo.

5.10 Escolha do Sistema Split e Justificativa

Após uma análise aprofundada das diferentes tecnologias disponíveis, a escolha do sistema de ar-condicionado tipo split emerge como a opção mais conveniente para atender às necessidades específicas do contexto em questão. Sua versatilidade, simplicidade de instalação e eficiência energética são fatores determinantes. O sistema split oferece a flexibilidade necessária para climatizar áreas individuais, adaptando-se perfeitamente a espaços de tamanhos variados, como salas de aula. Além disso, a relativa facilidade de manutenção e o menor investimento inicial tornam-no uma escolha pragmática, especialmente considerando os recursos disponíveis.

Ao optarmos pelo sistema split, estamos não apenas assegurando um ambiente termicamente confortável, mas também fazendo uma escolha alinhada com critérios econômicos e de eficiência energética. Esta decisão reflete o compromisso não apenas com a climatização eficiente, mas também com a otimização dos recursos disponíveis, contribuindo para um ambiente mais sustentável e econômico a longo prazo.

6 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES:

6.2 Padrões Técnicos para Instalação de Sistemas de Ar-Condicionado em Ambientes Educacionais

A implementação de sistemas de ar-condicionado em ambientes educacionais não é apenas uma questão de conforto, mas também envolve a conformidade rigorosa com normas e regulamentações que visam garantir a segurança, eficiência e qualidade do ambiente climatizado. Este segmento do TCC busca abordar de maneira abrangente as normas técnicas relevantes que orientam a instalação desses sistemas, assegurando que a busca pelo conforto térmico esteja intrinsecamente alinhada com critérios técnicos e normativos.

6.3 Normas Técnicas Aplicáveis:

Em um projeto de instalação de ar-condicionado em uma sala de aula, é crucial observar as normas técnicas que regem a ergonomia, conforto térmico e segurança elétrica. A NR 17, que trata da ergonomia, orienta sobre a necessidade de proporcionar condições adequadas aos trabalhadores, incluindo a temperatura ambiente. Nesse contexto, a NBR 16401 é uma referência importante, estabelecendo parâmetros para sistemas de condicionamento de ar em ambientes escolares. As normas brasileiras, como a ABNT NBR 16401-1 e 2, são referências fundamentais para a instalação de sistemas de ar-condicionado. Elas estabelecem parâmetros para a qualidade do ar interior, a temperatura, umidade, e a renovação de ar em ambientes climatizados. A atenção a esses parâmetros é vital não apenas para o conforto, mas também para a saúde e bem-estar dos ocupantes. Quanto à segurança elétrica, a NBR 5410 é essencial no dimensionamento do disjuntor e condutores. Esta norma regulamenta as instalações elétricas de baixa tensão, garantindo a proteção contra curtos-circuitos e sobrecargas. Ao aplicar a NBR 5410, é possível determinar corretamente a capacidade do disjuntor, considerando a carga adicional do sistema de ar-condicionado. Assim, ao integrar essas normas, o projeto assegura não apenas um ambiente térmico adequado para a sala de aula, mas também a conformidade com padrões de segurança e eficiência energética. Isso contribui para a criação de um espaço propício ao aprendizado, atendendo tanto às necessidades de conforto quanto aos requisitos técnicos essenciais.

7 METODOLOGIA:

7.2 Diagnóstico das Necessidades Térmicas:

O diagnóstico das necessidades térmicas desempenha um papel fundamental na criação de ambientes escolares confortáveis e propícios ao aprendizado. A coleta de dados sobre a temperatura média, umidade e características físicas das salas de aula é crucial para entender e atender às demandas termo ambientais.

A temperatura ambiente desempenha um papel significativo no desempenho dos estudantes e na eficácia do ensino. Ao realizar uma coleta precisa de dados sobre a temperatura média, é possível identificar variações ao longo do dia e em diferentes estações, ajustando o sistema de ar-condicionado para garantir conforto térmico.

A umidade também desempenha um papel crítico. Ambientes excessivamente secos ou úmidos podem impactar a saúde respiratória e o bem-estar geral dos ocupantes. Portanto, a coleta de dados sobre a umidade ambiental permite a implementação de medidas adequadas para manter níveis ideais.

Além disso, conhecer as características físicas das salas de aula, como tamanho, orientação solar e isolamento térmico, é essencial para um diagnóstico preciso. Esses dados influenciam diretamente no dimensionamento do sistema de ar-condicionado e na eficiência energética do ambiente.

Em resumo, a coleta meticulosa de dados sobre temperatura, umidade e características físicas é o alicerce para um diagnóstico preciso das necessidades térmicas em salas de aula. Esse processo não apenas promove o conforto dos alunos e professores, mas também otimiza o uso de recursos energéticos, alinhando-se aos princípios da sustentabilidade e eficiência no ambiente educacional.

7.3 Projeto e Dimensionamento:

7.4 Detalhamento do projeto de instalação.

O projeto de climatização para as duas salas de aula, cada uma com dimensões de 6 metros de largura por 8 metros de comprimento, está completo. Cada sala está equipada com 1 computador, 1 TV e tem capacidade para no máximo 41 pessoas. Além disso, conta com 12 lâmpadas de LED para iluminação eficiente. A presença de uma janela de 7x180 proporciona ventilação e luz natural, criando um ambiente educacional confortável e tecnologicamente equipado.

7.5 Cálculos de capacidade térmica necessária.

As ferramentas online dedicadas ao cálculo da carga térmica para sistemas de ar-condicionado, conforme a norma NBR 16401, desempenham um papel crucial no avanço da eficiência e acessibilidade no setor de climatização. Essas plataformas oferecem uma abordagem prática e ágil para instaladores, contribuindo significativamente para o sucesso de projetos de climatização.

A principal virtude dessas ferramentas reside na sua capacidade de simplificar processos complexos de cálculo, permitindo que profissionais realizem avaliações precisas em um curto espaço de tempo. Essa eficiência é especialmente valiosa em um cenário em que a demanda por soluções de climatização é crescente e a rapidez na entrega de projetos é essencial.

Além disso, as ferramentas online proporcionam acesso fácil às normas técnicas, como a NBR 16401, eliminando barreiras de entrada para profissionais que podem não ter acesso imediato a manuais ou documentos normativos. Essa democratização do conhecimento é fundamental para a disseminação das boas práticas e elevação do padrão de qualidade na instalação de sistemas de ar-condicionado.

A automação dos cálculos também reduz potenciais erros humanos, assegurando maior confiabilidade nos resultados. Isso resulta em projetos mais precisos, otimizados para as características específicas de cada ambiente, promovendo eficiência energética e conforto térmico.

Utilizamos em nosso cálculo a ferramenta disponível no site:
<https://www.frigelar.com.br/calculadora-de-btus>

**Use nossa
calculadora e
descubra a
potência ideal
para o seu
ambiente!**

① — ② — ③

Defina a metragem do ambiente
 (Você também pode digitar o valor exato no campo)







Largura (m)
 - +

Comprimento (m)
 - +

**potência ideal
para o seu
ambiente!**

① — ② — ③

Defina a quantidade de pessoas, janelas e equipamentos
 (Você também pode digitar o valor exato no campo)

| | |
|---|---|
|  Pessoas |  Televisores |
| - <input type="text" value="41"/> + | - <input type="text" value="1"/> + |
|  Computadores |  Luzes |
| - <input type="text" value="1"/> + | - <input type="text" value="24"/> + |
|  Janelas |  Outros |
| - <input type="text" value="1"/> + | - <input type="text" value="0"/> + |

**Use nossa
calculadora e
descubra a
potência ideal
para o seu
ambiente!**

① — ② — ③

Selecione o nível de exposição solar do ambiente escolhido

| | | |
|--|--|--|
|  Diretamente <input type="radio"/> |  Parcialmente <input checked="" type="radio"/> |  Nenhuma <input type="radio"/> |
|--|--|--|

Calculadora de BTU's de Ar- Condicionado

Utilizando a nossa calculadora de BTUs, você saberá de maneira prática e fácil qual é a melhor opção de ar-condicionado para a sua necessidade. [Saiba mais.](#)

Resultado

**Para seu ambiente são necessários
aproximadamente**

56.000 BTUs

Apesar do cálculo indicar uma necessidade de 56000 BTUs, a escolha de reutilizar um ar-condicionado de 24000 BTUs pode ser justificada por considerações práticas e econômicas. Em alguns casos, a infraestrutura existente pode limitar a instalação de um sistema mais potente, e a adaptação do equipamento disponível pode representar uma solução mais viável. Além disso, a economia inicial e a eficiência energética do aparelho de 24000 BTUs podem compensar as exigências teóricas, tornando essa opção uma alternativa razoável em determinadas situações.

7.6 Dimensionamento dos condutores:

Tendo em vista que o aparelho é de alimentação 220V CA, considera a condição de que serão dois condutores energizados e eles estarão acomodados em eletrocalhas perfuradas, a distância entre o painel onde se encontra o disjuntor até o aparelho é de aproximadamente 15 metros. Sabemos também que a corrente máxima exigida pelo aparelho com indica a figura abaixo é de 12,7 A Com base nessas informações podemos assim iniciar nossos cálculos

| ELGIN <small>FABRIL DE REFRIGERAÇÃO</small> <small>COMERCIAL A ARABIZADA</small> | |
|---|----------------------------------|
| CONDICIONADOR DE AR SPLIT - FRIO | |
| MODELO | HWFE24B2NA |
| CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO | 7032 W (24000 Btu/h) |
| ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA | 220 V~ |
| FREQUÊNCIA | 60 Hz |
| CORRENTE MÁXIMA | 12,7 A |
| MASSA DE REFRIGERANTE | 1150 g |
| REFRIGERANTE | R-410A |
| MASSA | 45,9 kg |
| GRAU DE PROTEÇÃO | IPX4 |
| DISPOSITIVO DE EXPANSÃO | CAPILAR |
| DIMENSÕES (A x L x P) mm | 655 x 840 x 325 |
| PRESSÃO MÁXIMA (MPa) | 3,79 (Descarga) 1,72 (Sucção) |
| USE DISJUNTORES DE 16 A | |
| COMPRESSOR PROTEGIDO TERMICAMENTE | |

Figura 5: Informações do fabricante

Fonte: Arquivo próprio

Segundo a informação contida na tabela 33 da NBR 5410 para o tipo de eletroduto que utilizaremos será utilizado o método de referência F, como indica o item 13.

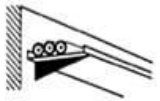
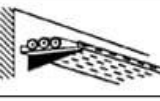
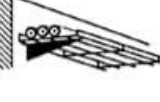



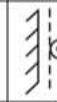



| | | | |
|----|---|---|----------------------------------|
| 12 |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾ | C |
| 13 |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾ | E (multipolar) F (unipolares) |
| 14 |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela | E (multipolar) F (unipolares) |

Figura 6: NBR 5410 página 91

Fonte: ABNT

Considerando a informação acima iremos agora para a tabela 39 da NBR 5410 na qual concluímos que inicialmente o cabo correspondente para corrente exigida pelo aparelho é de 2,5 mm, visto que a bitola mínima para condutores com carga seja de 2,5mm. Nesse caso, segundo a figura abaixo ele suportaria até 30 A.

Tabela 39 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G
 Condutores: cobre e alumínio
 Isolação: EPR ou XLPE
 Temperatura no condutor: 90°C
 Temperatura ambiente de referência: 30°C

| Seções nominais dos condutores mm ² | Métodos de referência indicados na tabela 33 | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cabos multipolares | | Cabos unipolares ¹⁾ | | | | |
| | Dois condutores carregados | Três condutores carregados | Dois condutores carregados, justapostos | Três condutores carregados, em trifólio | Três condutores carregados, no mesmo plano | | |
| | | | | | Justapostos | Espaçados | |
| Método E | Método E | Método F | Método F | Método F | | Método G | Método G |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| |  |  |  |  |  |  |  |
| | | | | | | | |
| | Cobre | | | | | | |
| 0,5 | 13 | 12 | 13 | 10 | 10 | 15 | 12 |
| 0,75 | 17 | 15 | 17 | 13 | 14 | 19 | 16 |
| 1 | 21 | 18 | 21 | 16 | 17 | 23 | 19 |
| 1,5 | 26 | 23 | 27 | 21 | 22 | 30 | 25 |
| 2,5 | 36 | 32 | 37 | 29 | 30 | 41 | 35 |
| 4 | 49 | 42 | 50 | 40 | 42 | 56 | 48 |
| 6 | 63 | 54 | 65 | 53 | 55 | 73 | 63 |
| 10 | 86 | 75 | 90 | 74 | 77 | 101 | 88 |
| 16 | 115 | 100 | 121 | 101 | 105 | 137 | 120 |
| 25 | 149 | 127 | 161 | 135 | 141 | 182 | 161 |

Baseados nas informações acima ainda temos que considerar os fatores de correção:
 Usaremos a seguinte formula:

$$C = \frac{I \times (m \times 2)}{Cu \times qU}$$

Onde:

C: condutor

I: corrente

m: distância do condutor

Cu: constante

qU: queda de tensão

$$C = \frac{12,7 \times (15 \times 2)}{58 \times 5,4}$$

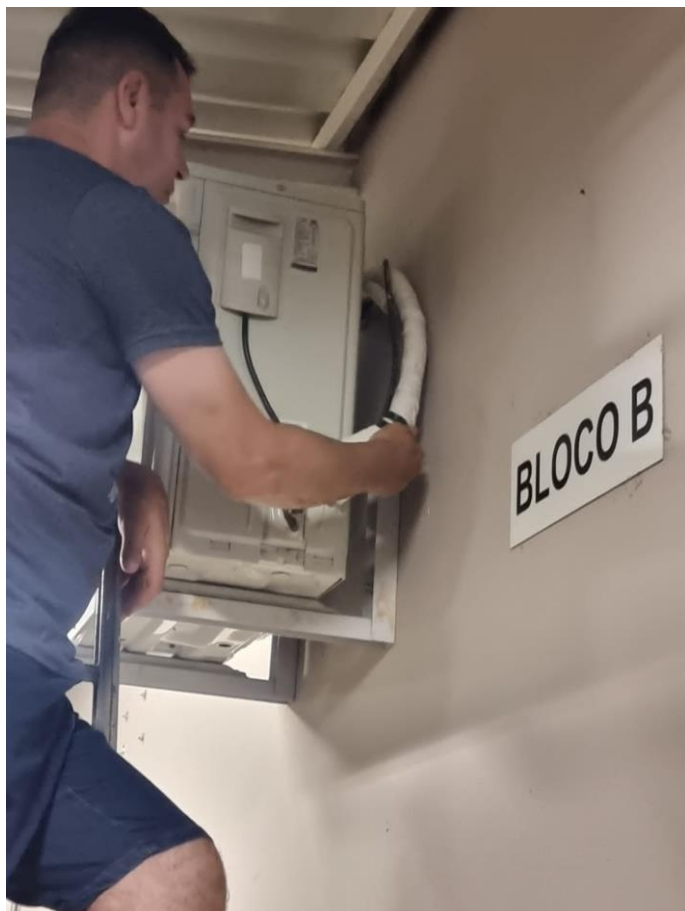
$$C = 1,216 \text{ mm}$$

Na eletrocalha já havia cabos de 4mm o que concluímos que esta mais que suficiente para a corrente que o aparelho ira trabalhar.

8 EXECUÇÃO:

8.2 Registro do processo de instalação.





9 AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO:

9.2 Coleta de dados pós-instalação.

Levando em consideração que o sistema utilizado não atende o dimensionamento correto dos espaços, obtivemos resultados consideráveis, conseguimos em média atingir uma temperatura de 27°C , o que já é uma temperatura confortável



9.3 Análise da satisfação dos usuários.

Conversando com alunos e professores que utilizam as salas de aula em que realizamos esse projeto, tivemos informações que os aparelhos estão funcionando corretamente e em relação ao conforto térmico realmente está bem melhor.

10 CONCLUSÃO:

10.2 Transformando Desafios em Conquistas no Ambiente Educacional Climatizado

A jornada rumo à climatização eficiente de salas de aula revelou-se uma busca dinâmica e repleta de desafios, culminando em resultados notáveis. A implementação do sistema de ar-condicionado tipo split, embora desafiada por limitações práticas e econômicas, demonstrou-se uma escolha pragmática, alinhada com a realidade do ambiente educacional.

A análise de custo-benefício na seleção do sistema, embasada na eficiência energética e na adequação ao espaço, destacou a importância de considerar não apenas o investimento inicial, mas também os impactos a longo prazo. A decisão de reutilizar um aparelho de 24000 BTUs, embora abaixo do dimensionamento teórico, revelou-se viável diante de considerações práticas e econômicas, proporcionando uma solução ajustada à infraestrutura existente.

O processo meticuloso de projeto e dimensionamento, respaldado por ferramentas online e normas técnicas como a NBR 16401, permitiu uma abordagem precisa, otimizando a eficiência operacional e promovendo o conforto térmico desejado. A coleta de dados pós-instalação, evidenciada pelas imagens e análises térmicas, revelou uma média de temperatura de 27°C, indicando uma conquista notável no alcance do conforto desejado.

Avaliações qualitativas junto aos usuários finais confirmaram não apenas a eficácia do sistema, mas também a melhoria substancial no conforto térmico percebido. Alunos e professores expressaram satisfação em relação ao ambiente climatizado, ressaltando a importância do projeto na promoção de um espaço propício ao aprendizado e bem-estar.

Assim, a implementação do sistema de climatização eficiente em salas de aula transcendeu desafios, transformando-se em uma realização que não apenas atendeu, mas superou as expectativas. Este trabalho não se resume a uma instalação técnica; é um testemunho da capacidade de adaptação, superação de limitações e busca incessante por soluções que impactam positivamente a qualidade do ambiente educacional. Concluímos, portanto, que a climatização eficiente é mais do que uma necessidade; é um investimento no presente e no futuro, moldando ambientes propícios à excelência educacional e ao bem-estar de todos os envolvidos.

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- MICHELE, Avaliação do conforto térmico das salas de aula do bloco C da universidade tecnológica. 2017. n69. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

Gomes, Octávio Augusto. Projeto de Climatização da Igreja Cristã Evangélica do Vingt Rosado. Natal-RN, 2018

ABNT NBR 16401-1. Instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários parte 1: Projetos das instalações. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT NBR 16401-2. Instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro, 2008.

Borges, Filipe Ribeiro. Análise da carga térmica de um conjunto de escritórios: proposta de melhoria à climatização dos ambientes. Porto Alegre, 2018.

Oliveira, Maurício Lucas. Sistema de climatização - projeto de implantação em conjunto de salas administrativas em Alvorada-rs. Porto Alegre, 2022.

Guia Prático de Instalação de Ar Condicionado Split, Daikin Air Conditioning Brasil Ltda, 2019.

Manual de Instalação de Ar Condicionado, Springer Carrier Ltda, 2012.

Manual Técnico de Ar Condicionado, Midea Carrier, 2015.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 5410: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

NR 17 - Ergonomia (Atualizada em 2022). Revista Proteção, São Paulo, v. 33, n. 398, p. 32-37, jan. e fev. 2022.