

## **Conforto térmico de uma indústria por meio da arquitetura bioclimática**

Renata Maria Correia Degraf (UTFPR-PR) [renatadegraf@hotmail.com](mailto:renatadegraf@hotmail.com)

Luiz Alberto Pilatti (UTFPR-PR) [lapilatti@utfpr.edu.br](mailto:lapilatti@utfpr.edu.br)

João Luiz Lovaleski (UTFPR-PR) [kovaleski@utfpr.edu.br](mailto:kovaleski@utfpr.edu.br)

Ariel Orlei Michaloski (UTFPR-PR) [arielorlei@hotmail.com](mailto:arielorlei@hotmail.com)

### **Resumo:**

Partindo-se do princípio de que a sensação térmica está diretamente relacionada ao rendimento físico e mental do ser humano, pode-se supor que as condições térmicas de um determinado ambiente industrial exercerão alguma influência no desempenho de trabalhadores no processo produtivo e na qualidade de vida. Na presente pesquisa, o aspecto abordado refere-se ao estudo das características de conforto térmico de uma Indústria de Carpetes, instalada na cidade de Ponta Grossa, PR, por meio de uma análise da arquitetura bioclimática, que tem como princípio, o uso das condições climáticas para a execução do projeto de uma edificação.

Neste trabalho, procedeu-se uma avaliação das condições climáticas da cidade onde se instalou a fábrica e suas características construtivas e verificou-se que, o projeto e a execução não aproveitaram tais condições, pois é um clima subtropical com estações do ano bem definidas, mas não foram efetuadas aberturas suficientes para que aconteça a ventilação cruzada que ajuda no conforto na estação de verão, além de não possibilitar a insolação para que aconteça o aquecimento no inverno.

**Palavras chave:** conforto térmico, arquitetura bioclimática, edificação

## **Analysis of thermal comfort of an industry through bioclimatic architecture**

### **Abstract**

Starting from the principle that the thermal sensation is directly related to physical performance and mental health of human beings, it can be assumed that the thermal conditions of a particular industrial environment exert some influence on the performance of workers in the production process and quality of life. In this research, will be discussed refers to the study of thermal comfort characteristics of an Carpets industry, located in the city of Ponta Grossa, PR, through an analysis of bioclimatic architecture, whose principle, the use of conditions climate for the execution of a building project. In this work, was proceeded a evaluation of climatic condition of the city where the factory was installed and their construction and it was found that design and implantation did not take such conditions. This place is a subtropical climate with clearly defined seasons, but were not made sufficient opening for cross ventilation to happen that aid in comfort in summer season, in addition to not allow that to happen sunstroke heating in winter.

**Key-words:** thermal comfort, bioclimatic architecture, building

## 1. Introdução

Atualmente diversos projetos de edificações desde o seu planejamento até a execução são realizados por profissionais que carecem de um conhecimento do contexto físico e climático no qual devem atuar. Entretanto, a solução não pode ser limitada apenas ao uso de padrões habitacionais, em função das mudanças ocorridas nos últimos anos, quer pelas transformações sociais, quer por modificações nos materiais de construção.

Neste contexto, com o uso excessivo dos recursos ambientais e conseqüentemente o seu desgaste, desencadeou uma crise neste sentido, Adam (2001), afirma que para sustentar o alto consumo de energia das edificações aconteceu um forte impacto ambiental.

Com isso a preocupação com o meio ambiente está em evidencia, tendo como foco a preservação de recursos naturais e economia de energia Adam (2001, p.19) diz “A crise de energia, deve ser entendida não como um fato isolado, mas como uma crise de um modelo social, de estilo de vida”.

Com a visão de melhorar esta situação a arquitetura bioclimática, tem como principio utilizar de características climáticas locais em aproveitamento das edificações, aproveitando recursos naturais e utilizando recursos artificiais contínuos, como materiais de construção adequados, para minimização da quantidade de energia consumida. A relação entre o local onde o edifício está posicionado e o clima local é ponto fundamental para concepção e execução de um projeto (ALBATI, 2011).

Sob este ponto de vista Larsen (2007), pesquisou o comportamento térmico de edificações, durante os períodos de inverno e verão, utilizando a energia solar, visando o aumento da eficiência energética e a redução de gases poluentes. Comprovou que edificações que exploram o potencial da energia solar, através da orientação solar, da forma, dos materiais e aberturas, alcançaram a redução de até 60% no consumo de energia quando comparadas as edificações convencionais.

Mahmoud (2011), afirma que usar a energia solar para o aquecimento e refrigeração, além de melhorar a ventilação, diminui o impacto negativo sobre o meio ambiente.

Com isso posicionamento de uma edificação em relação à ventilação e à insolação e os materiais construtivos que são empregados na sua confecção, fazem grande diferença no que diz respeito ao conforto térmico, considerações arquitetônicas que auxiliam no conforto do ambiente são chamadas estratégias bioclimatologia. Lamberts (2000, p.15) afirma que as estratégias bioclimáticas, “corretamente utilizadas durante a concepção do projeto da edificação, podem proporcionar melhoras nas condições de conforto térmico”.

Por sua vez, Kaynakli, (2010), considera o consumo de energia na edificação uma questão de grande importância. Para que aconteça economia, os materiais utilizados e a insolação incidente, estão em crescente observação ultimamente, para que ocorra economia no consumo.

O aspecto abordado na presente pesquisa refere-se ao estudo dos aspectos arquitetônicos da edificação de uma indústria multinacional de carpetes localizada na cidade de Ponta Grossa, no estado do Paraná e o conforto térmico e sua relação com a concepção arquitetônica, quanto ao tipo de material empregado nas paredes e cobertura e à implantação e localização da planta da indústria, em relação à orientação da insolação.

Tais aspectos, geralmente, vêm de encontro direto com níveis adequados de conforto térmico no interior das edificações. Posto isto, Lamberts (2000, p.04) define conforto térmico como o

estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda e as trocas de calor entre o ambiente e o corpo humano que trazem ou não o conforto.

Em um estudo na Itália Albatici (2011) concluiu que a a isolação solar no sentido sul, pois estão no hemisfério norte, é de grande importância para o aquecimento dos ambientes no inverno, em contra partida durante o verão a insolação não se torna prejudicial, pois a angulação do sol torna-se maior neste período do ano, isso afirma que o uso da arquitetura bioclimática ajuda na diminuição do consumo de energia para aquecimento ou resfriamento .

Além deste posicionamento, as variáveis de conforto térmico estão diretamente relacionadas às variáveis humanas, considera-se também o tipo de atividade que cada indivíduo exerce dentro da edificação, pois esta variável faz grande diferença para se estabelecer o nível de conforto térmico para os indivíduos, a *ASHURAE 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* afirma que quando há diferenças consideráveis na atividade física e ou nas vestimentas dos ocupantes de um espaço, estas devem ser consideradas. “Tanto o calor produzido como o dissipado dependem da atividade que o indivíduo desenvolve” (FROTA; SCHIFFER, 2000).

Salienta-se a relevância deste trabalho, considerando-se, principalmente, que esta pesquisa pretende contribuir para relevante este trabalho por se preocupar com a concepção de um projeto arquitetônico em edificações de uso industrial, pois estas abrigam um número considerável de pessoas, que passam a maior parte de seus dias dentro de tais edificações em seus afazeres laborais e estão expostas às condições ambientais que tais edificações as proporcionam. Para Batiz *et. al* (2008, p.02)

“Junto com o surgimento da revolução industrial aparecia o critério de procurar o desenvolvimento de condições de trabalho e dentro delas, de condições ambientais que permitisse a execução do trabalho com um nível de produção e produtividade maior e com uma conservação cada vez maior também da saúde dos trabalhadores.”

No contexto de preocupação com o trabalhador, o personagem de maior importância, que usufrui do conforto térmico em sua labuta, Frota e Schiffer (2000) dizem que ao conhecer o clima e as necessidades humanas de conforto térmico deve-se adotar um partido arquitetônico onde as características se adaptem ao clima e às funções das edificações.

## **2. Arquitetura Bioclimática**

A arquitetura bioclimática é caracterizada pelo maior aproveitamento dos recursos climáticos onde será construída uma edificação, para a melhoria do conforto térmico e a economia do consumo de energia.

São vários os fatores que influenciam que ocorra arquitetura bioclimática adequada, o clima é um deles, a indústria estudada está localizada dentro de um clima subtropical, que tem como características estações bem definidas com épocas de calor e frio rigorosas.

Para tanto, dentro do contexto da arquitetura bioclimática, um edifício projetado neste clima deve possibilitar o aquecimento nos períodos frios, com a insolação natural, sem permitir que a ventilação intensa, mas possibilitando a ventilação natural.

No entanto em épocas de calor a radiação solar deve ser controlada, sem perder o fluxo de ar para uma boa ventilação. Por isso, o posicionamento da edificação projetada de acordo com a insolação local tem grande importância.

A ventilação por ser contribuinte na execução de uma edificação sustentável, deve ser bem estudada para que não seja um fator prejudicial, segundo Mascaró (1985) para que ocorra uma boa ventilação depende de diversos fatores, como forma, características construtivas,

localização e orientação do edifício, espaços abertos vizinhos, bem como a direção, velocidade e frequência dos ventos e ainda a posição, tamanho e tipos das aberturas que serão projetadas.

### 3. Condições Ambientais e Locais

Ponta Grossa possui uma altitude de 975 metros acima do nível do mar, com latitude 25° 05'58" Sul e longitude 50° 09'38" W Greenwich, clima subtropical úmido mesotérmico, de verões frescos e com ocorrência de geadas severas e frequentes, não apresenta estação seca, a média do mês mais frio abaixo de 18°C, verões frescos média do mês mais quente abaixo de 22°C.

De acordo com o Instituto Simepar (2012) a predominância dos ventos na cidade é de 90° leste.

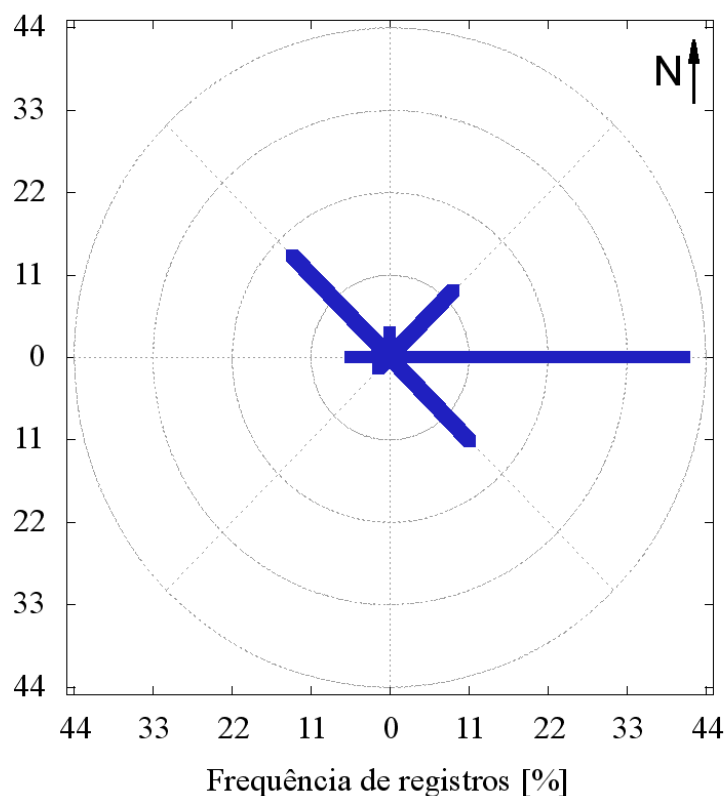


Figura 1: Hostograma de frequência da direção dos ventos entre dezembro de 2011 e maio de 2012 em Ponta Grossa. (Fonte SIMEPAR)

A Indústria de Carpetes, que é uma empresa Belga com mais de 50 indústrias espalhadas pelo mundo, no Brasil se instalou no distrito industrial da cidade de Ponta Grossa, onde se localizam outras indústrias nacionais e multinacionais. Está próxima à BR-376 no trecho e sentido Curitiba - Ponta Grossa, em um terreno de área de 182.173m<sup>2</sup>. Foi inaugurada em julho de 2000, seu projeto concebido e executado por uma empresa de Curitiba, ela foi planejada nos parâmetros da tentativa de menor prazo e custo. Para tanto foram utilizados matérias de rápida execução.

A edificação contempla 25.1445m<sup>2</sup> de área total construída, sendo as áreas administrativa e de serviços 1.180m<sup>2</sup> com pé direito de 2,80m e na área industrial, área de 24.144m<sup>2</sup> com pé direito de 11,20 m.

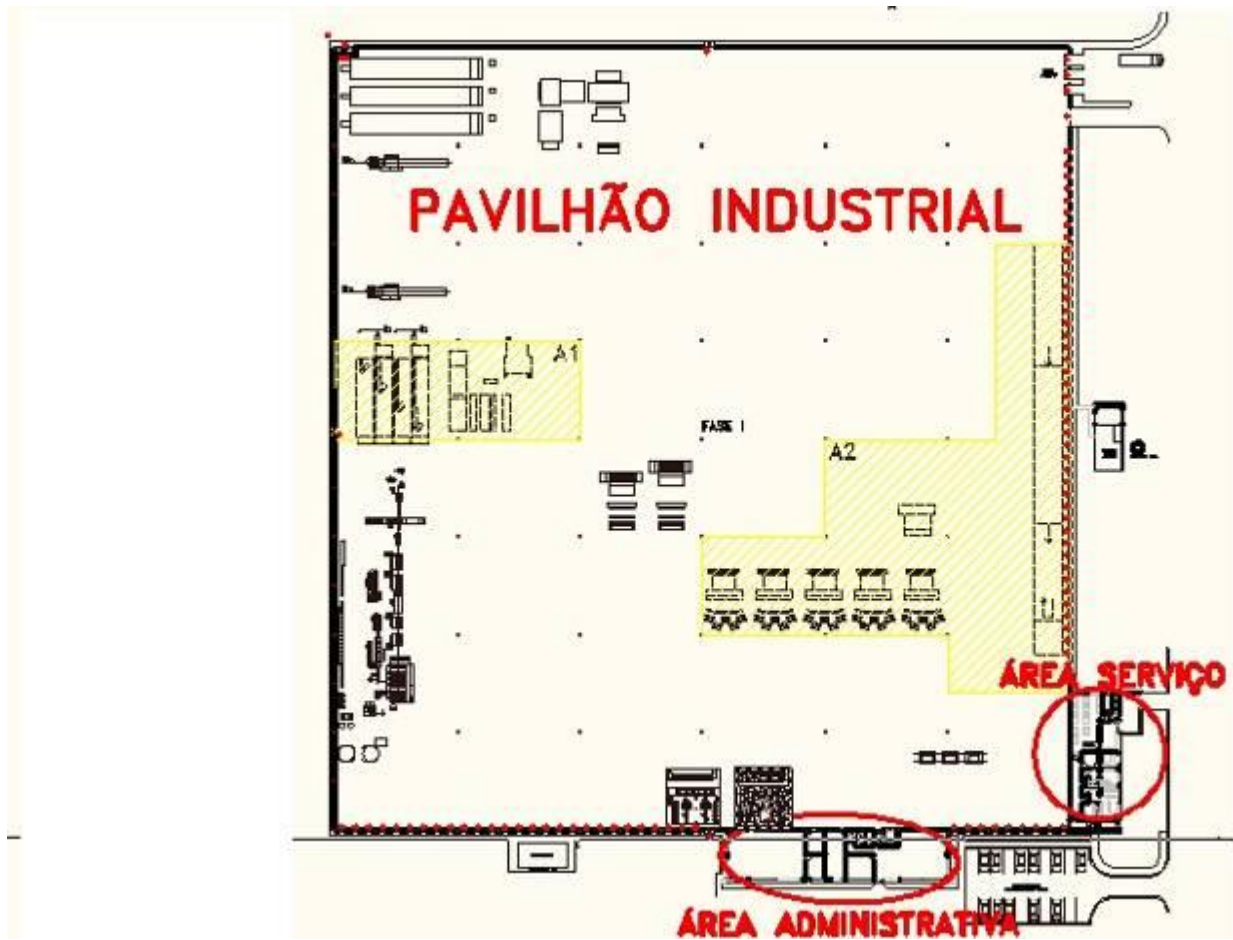


Figura 2: Planta Baixa da Indústria de Carpetes concedida pela Indústria

O setor administrativo e áreas de serviço, onde ficam o refeitório e vestiários para funcionários, o material de construção, empregado é alvenaria convencional nas paredes, janelas com vidro fumê, o piso em concreto, revestido de carpetes na área administrativa e de piso cerâmico na área de serviços e a cobertura, é constituída de tesoura metálica revestida com telha de alumínio trapezoidal sanduichada, internamente possui forro termoacústico. Em toda área administrativa foram contemplados sistema de ar condicionado para climatização dos ambientes.

A fachada principal de Indústria, onde estão os setores administrativos, são voltados para sudoeste. Do lado sudoeste contempla o refeitório, banheiro para funcionários e expedição de produtos, nas fachadas noroeste e nordeste, onde se localiza a área industrial propriamente dita.

No pavilhão industrial, o material empregado tanto nas paredes como na cobertura é o alumínio trapezoidal sanduichado, material que faz todo o fechamento da fabrica. O piso executado em concreto sem revestimento.

As aberturas existentes são em forma de venezianas estão na fachada lateral direita, e ainda na mesma fachada, as docas que permanecem sempre abertas para carga e descarga de produtos, mas na fahada esquerda não existem aberturas.

Na cobertura foram criados alguns rasgos de zenitais para ventilação, para que o ar quente que sobe saia pelas aberturas.

Com tais características, foram levantadas algumas questões, no ambiente industrial o ambiente de trabalho no verão é desconfortável pelo calor e no inverno desconfortável pelo



frio. Na fachada, onde está o refeitório, sudeste, o sol incide no período da manhã, mas com pouca intensidade, e são ambientes que apresentam aberturas para ventilação do ar, o que não prejudica no conforto dos trabalhadores de tal setor.



Figura 3 : Foto aérea da localização da Indústria.(Fonte: Site da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa)

Analisando tal posicionamento, pode-se dizer que os ambientes da área administrativa não tem tanta influência da insolação em seus interiores, pois estão voltados para fachadas menos ensolaradas e o material utilizado, no caso a alvenaria faz com que estes ambientes estejam mais protegidos e, além disso, existem aberturas de janelas que ajudam na ventilação do ar.

#### 4. Análise

Com a análise das características climáticas e de ventilação, de onde está posicionada a Indústria, pode-se dizer que esta está mal posicionada principalmente no que se diz respeito ao pavilhão industrial.

No entrono de onde está localizada a fábrica não possui nenhuma construção existente que possa prejudicar a corrente de vento, pois o terreno foi adquirido prevendo ampliações e por enquanto apenas a primeira fase de construção foi executada. Sendo assim não existem obstáculos nem vegetais nem tampouco construído.

Isto posto, é justificado pelas seguintes características: como a ventilação predominante é 90° leste e a indústria apresenta aberturas apenas na fachada direita de onde é oriundo o vento, mas não apresenta nenhuma abertura na sua lateral esquerda o que não permite uma ventilação cruzada, prejudicando o conforto principalmente no verão.

Além disso as aberturas existentes são confeccionadas por venezianas de pequenas dimensões e localizadas próximas do chão, não permitindo entrada de ar adequada em proporção às dimensões da fábrica.

Dentro da análise da arquitetura bioclimática a ventilação cruzada é essencial para proporcionar o conforto térmico com menor gasto de energia, para Lamberts (2000) a ventilação é o resfriamento natural do ambiente construído e ocorre com a existência de ventilação cruzada.

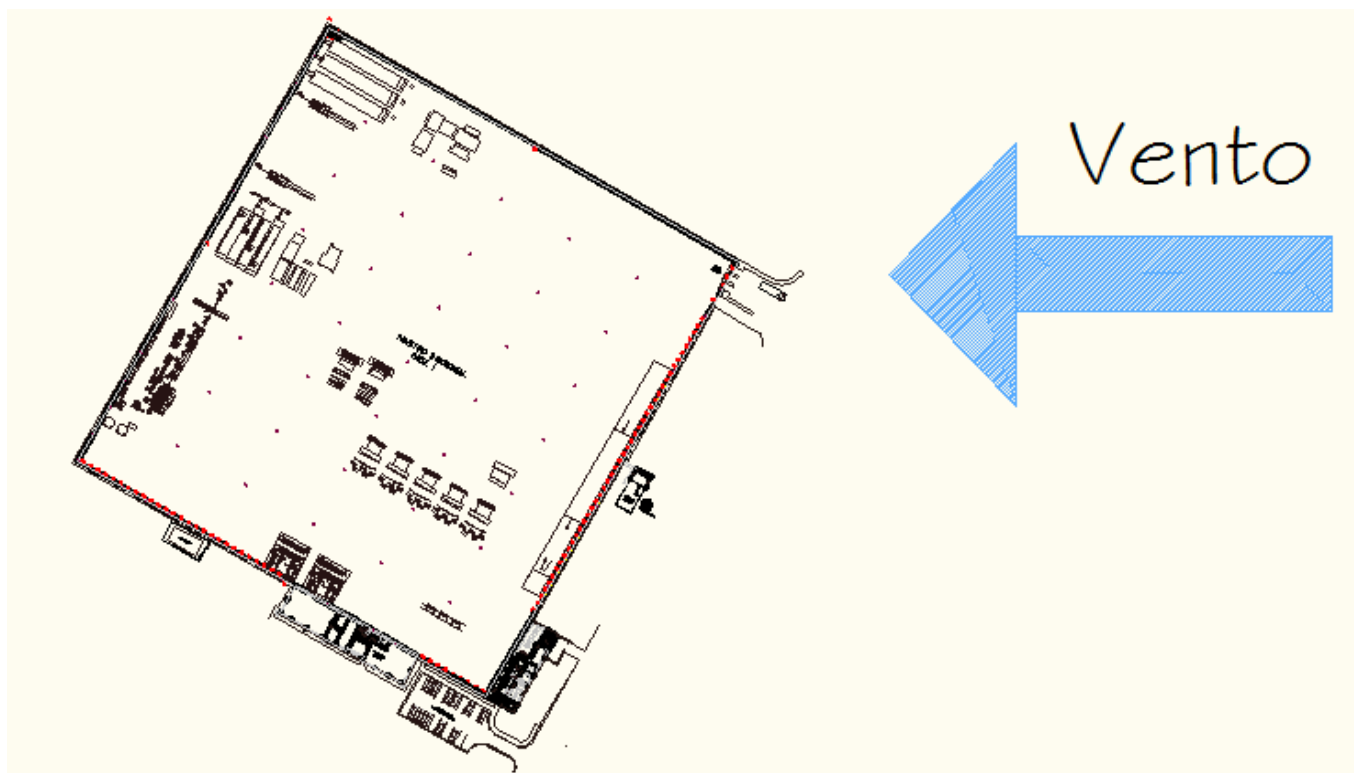


Figura 4: Direção do vento

Contudo, nos meses de inverno quando o sol está com angulação mais baixa e não existindo aberturas suficientes, a incidência não ocorre com eficiência, pois para uma boa insolação são necessários três fatores: captação solar que não ocorre pela falta de aberturas, acumulação que também não ocorre pela falta da entrada pelo pé direito ser muito alto tornando o ambiente frio e isolamento térmico, que também não existe em relação ao clima frio, pois no material empregado existe um isolante térmico, mas com função de que o calor não entre no ambiente.

O material utilizado tanto nas paredes como na cobertura da área industrial, mesmo tendo um isolante térmico não traz eficiência no conforto térmico do ambiente. Pois no verão a falta de aberturas não deixa o calor que entra sair, mesmo tendo rasgos zenitais, estes tornam-se insuficientes.

No Inverno o isolante térmico existente no material das paredes e teto, não possibilita a entrada de calor suficiente para o aquecimento do ambiente e o pé direito alto aumenta este problema, e ainda como não existem aberturas para entrada direta da insolação o ambiente torna-se frio e não confortável para o uso dos trabalhadores.

Pode-se dizer que nas fachadas de maior insolação é que se posicionam as áreas de maior atividade dos trabalhadores na indústria, sabendo-se que o material utilizado nestes setores é predominantemente a telha de alumínio sanduichada, tanto nas paredes como na cobertura, e a inexistência de aberturas para que ocorra a troca de ar por ventilação natural, isso prejudica e muito o conforto térmico internamente.

O mesmo ocorre no inverno, com a diferença que a o material não deixa o calor entrar para amenizar a sensação de frio e a insolação não entra pela falta de aberturas.

Com tal análise, para que acontecesse melhoramentos na edificação, na época de concepção de projeto, o posicionamento e elaboração de aberturas em relação à insolação e à direção do

vento deveriam ter sido analisadas.

Como a edificação já foi executada, é recomendável o uso de alguns recursos como aberturas na fachada nordeste, inversa à fachada onde já existem algumas aberturas, mesmo trazendo insolação, as janelas farão ventilação cruzada, amenizando o calor no interior da indústria, principalmente em épocas de verão.

Tais aberturas novas também ajudarão na incidência de sol, o que trará maior insolação e aquecimento na estação de inverno.

#### 4. Conclusões

Pode-se concluir que não teve nenhuma preocupação com a arquitetura bioclimática na elaboração e execução da Indústria de carpetes, seu posicionamento em relação às características climáticas locais não foram levados em consideração.

Nas edificação nas áreas administrativas e de serviço, o problema com o conforto térmico para os trabalhadores não tem grande influência, pois em tais áreas a alvenaria faz seu papel e o posicionamento das respectivas áreas, ajudam na incidência moderada do sol e como existem aberturas em suas fachadas existe ventilação cruzada que ajuda na circulação do ar.

Entretanto a área industrial está carente de trocas de ar, a ventilação é prejudicada, pois não ocorre cruzamento de ar, ponto que torna o local desconfortável no verão, o posicionamento prejudica ainda mais este fator, pois o sol incide com maior intensidade no período da tarde nestas fachadas, principalmente no verão.

No período de inverno o problema é diferente, pois a incidência do sol é mais fraca e a ausência de aberturas torna-se prejudicial pela falta de insolação além do pé direito da área industrial ser alto, mais de 10 m, deixando a sensação de frio internamente.

Com tudo isto, o estudo deve ser aprofundado com medições específicas que serão feitas para que possa mostrar cientificamente a influência que o conforto térmico causa na qualidade de vida dos trabalhadores.

#### Referências

- ALBATI, R.; PASSERINI, F.** *Bioclimatic design of buildings considering heating requirements in Italian climatic conditions. A simplified approach.* Building and Environment. V. 46, p.1624-1631. 2011.
- ADAM, R. S.** *Princípios do ecoedifício: interação entre ecologia, consciência e edifício* – São Paulo: Aquariana, 2001.
- ÁGUAS, M. P. N.** *Conforto Térmico.* Instituto Superior Técnico, DEM Mestrado, 2000.
- ASHREA 55-2004.** *Thermal Environmental conditions for Human Occupancy.* American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta. 2004.
- BATIZ, E. C.; GOEDERT, J.; MORSCH, J.J.; JUNIOR, P. K.; VENSKE, R.** *Influência do conforto térmico na atenção e memória e estudantes universitários.* In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, 28., Rio de Janeiro. **Anais Eletrônicos...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.** *Manual do Conforto Térmico.* 4ª. ed. São Paulo: Nobel. 2000.
- KAYNAKLI, O.** *A review of the economical and optimum thermal insulation thickness for building applications.* Renewable and Sustainable Energy Reviews. V. 16, p.415-425. 2012.
- LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. E (1997).** *Eficiência Energética nas Edificações.* LABEEE, UFSC.
- LARSEN, S.F; FILIPPIN, C.; BEASCOCHEA, A. ; LESINO, G.** *An experience on integrating monitoring and simulation tools in the design of energy-saving buildings.* Energy and Building. V. 40, p. 987–997, 2008.
- MASCARÓ, L. R. .** *Energia na Edificação.* 1º Ed. São Paulo: Parma, 1985.



**MAHMOUD, A. H. A.** *An analysis of bioclimatic zones and implications for design of outdoor built environments in Egypt.* Building and Environment. V. 46, p.605-620. 2011.