

DIRETRIZES PARA A CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS INDUSTRIAIS

SALGADO, Mônica Santos(1) PORTO, Maria Maia (2),

(1) D. Sc Professor Adjunto PROARQ / FAU/UFRJ e do Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica/UFRJ monicass@civil.ee.ufrj.br

(2) D. Sc Professor Adjunto do PROARQ/FAU/UFRJ 25981661/25981662 e do Departamento de Tecnologia da Construção FAU/UFRJ mariamaia@proarq.ufrj.br

RESUMO

O motivo que leva muitas empresas a não investir na melhoria da qualidade da sua organização de maneira geral, é a falta de conhecimento sobre o custo da não-qualidade. Pode-se afirmar que o mesmo ocorre em relação à qualidade do ambiente de trabalho: os empresários desconhecem o quanto deixam de ganhar por causa do não investimento na melhoria das condições do ambiente de trabalho. Sabe-se que a redução do estresse do trabalhador tem como resultados imediatos a satisfação que pode se traduzir, entre outros benefícios, no aumento da produtividade. O que se observa, no entanto, é que as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho tratam das condições básicas de trabalho e segurança.

Acredita-se que a partir da nova versão da norma ISO 9001 (homologada em dezembro de 2000) a demanda por projetos fabris certificados aumente, especialmente porque um dos requisitos a ser atendido pelas empresas que pretendam obter a certificação dos seus sistemas da qualidade refere-se exatamente à qualidade do ambiente de trabalho. Este artigo trata da certificação ambiental de projetos fabris. Para isso fez-se um estudo sobre as normas de conforto térmico, acústico e lumínico já existentes e compatibilizou-se o uso destas organizando um conjunto de diretrizes que permita, aos arquitetos e empresas de projeto que desejem, a obtenção de um selo de qualidade de projeto referente aos ambientes de trabalho.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável, conforto ambiental, gestão da qualidade

1. CONTEXTO ATUAL DA CERTIFICAÇÃO DE INDÚSTRIAS: GESTÃO DA QUALIDADE E AMBIENTAL

As normas da série ISO 9000 já completaram 10 anos. Desde 1990, muitas empresas buscaram a modernização das suas atividades visando à certificação que comprovaria seu compromisso com a qualidade e com a satisfação dos clientes externos. No Brasil, a indústria da construção civil foi uma das últimas a entrar na “corrida” pela certificação, impulsionada, a partir de 1998, pela iniciativa do Governo Federal de modernizar o setor através da implementação do PBQPh – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no *Habitat*. Esse programa foi organizado de forma a orientar as construtoras no atendimento gradativo aos requisitos da norma ISO 9002 versão 94., auxiliando-as na tradução dos requisitos da norma em tarefas a serem implementadas pelas suas equipes de trabalho.

A partir de dezembro de 2000 as normas da série ISO 9000 foram reduzidas a apenas 3:

- ISO 9000 – Sistemas de Gestão da Qualidade – fundamentos e vocabulário;
- ISO 9001 – Sistemas de Gestão da Qualidade – requisitos;
- ISO 9004 – Sistemas de Gestão da Qualidade – diretrizes para melhoria de desempenho.

Entre os destaques pelas diferenças dessas normas para as anteriores está o fato da gestão da qualidade externa ser abordada por uma única norma (9001) que engloba a função antes desempenhada por três

normas (9001, 9002 e 9003). Neste caso, os requisitos estabelecidos pela norma que não se apliquem à empresa auditada deverão estar indicados.

A qualidade na produção de edificações pode ser definida como “o conjunto de funções do bem construído necessárias para satisfazer às necessidades estabelecidas”. Na indústria da construção civil, o “produto” é a própria edificação que, neste caso, deve atender às necessidades dos futuros usuários. Nos demais setores produtivos, entretanto, o “produto” refere-se ao item que deverá ser colocado no mercado enquanto a edificação passa a ser o espaço físico que abriga as atividades industriais, devendo oferecer um ambiente de trabalho que propicie, em última instância, à adequada fabricação do produto.

Os clientes podem ser classificados da seguinte forma (SALGADO, 2000):

- internos - pessoas dentro da própria organização, que possuem amplos conhecimentos - derivados do desempenho repetitivo de numerosos ciclos de trabalho - com respeito às necessidades de qualidade.
- intermediários - são, geralmente, os distribuidores ou revendedores que compram os produtos e repassam a terceiros. Na construção, estão representados pelos corretores, incorporadores ou promotores do empreendimento que têm o conhecimento sobre os requisitos desejados pelo cliente externo.
- externos - são os consumidores ou usuários do produto ou serviço. Suas necessidades são as mais importantes.

Os requisitos do cliente externo devem traduzir-se nas especificações do produto enquanto aqueles requeridos pelo cliente interno, definem parâmetros de desempenho para os fornecedores. Para as indústrias que tem interesse na obtenção do certificado ISO 9001 os requisitos da versão anterior (1994) tratavam especialmente do pleno controle de insumos e de processo, não existindo naquela versão nenhum requisito que tratasse especificamente da avaliação da satisfação dos clientes (internos, externos ou intermediários). A nova versão, entretanto, destaca a questão do monitoramento da satisfação do cliente externo e também a questão da garantia da qualidade dos espaços destinados ao cliente interno: **o interior das fábricas e empresas**. O Quadro 1 relaciona os “novos” requisitos relacionados com o **cliente interno**.

Quadro 1 – Requisitos da ISO 9001 versão 2000 que destacam os clientes internos

REQUISITO	SUB-ITEM	EXIGÊNCIA	FOCO NO CLIENTE INTERNO
5. RESPONSABILIDADE DA ADMINISTRAÇÃO 5.5 ADMINISTRAÇÃO	5.5.2. Responsabilidade e autoridade	As funções e suas inter-relações dentro da empresa são definidas e divulgadas.	
	5.5.4 Comunicação Interna	Todas as informações relevantes para a realização do serviço são amplamente divulgadas entre os vários níveis e funções da organização.	
6. ADMINISTRAÇÃO DE RECURSOS 6.2 RECURSOS HUMANOS	6.2.1 Designação de pessoal	Destaque para a escolaridade, treinamento, habilidades e experiências dos profissionais.	
	6.2.2 Treinamento, conscientização e competência	Além de prover o treinamento adequado aos funcionários, a organização deve comprovar a eficácia desse treinamento.	
	6.3 Instalações	Refere-se à garantia das condições necessárias à realização do trabalho.	
	6.4 Ambiente de trabalho	Trata das condições humanas e físicas necessárias para se atingir a conformidade do produto.	

Paralela à preocupação com a manutenção dos seus sistemas da qualidade, as indústrias tem sido cobradas em relação à gestão ambiental. A norma ISO 14001/1996 define Sistema de Gestão Ambiental como “a parte do sistema de gestão global que inclui estrutura organizacional, atividades de

planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental”.

Essa mesma norma define política ambiental como “a declaração da organização, expondo suas intenções e princípios em relação ao seu desempenho ambiental global, que provê uma estrutura para ação e definição de seus objetivos e metas ambientais.”

2. CERTIFICAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS INDUSTRIAIS: CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

A exemplo do que ocorreu na primeira versão das normas de gestão da qualidade, a questão mais interna à empresa também não foi tratada nas normas de gestão ambiental. Ou seja, a questão do **ambiente de trabalho** não foi abordada. Vale destacar que na NBR 14004/1996 o item que trata da conscientização ambiental e motivação destaca a importância de que todos os membros da organização “compreendam e sejam estimulados a aceitar a importância do atingimento dos objetivos e metas ambientais pelos quais são responsáveis.” Esse item trata também da importância de que todos os membros da organização encorajem sus pares no atingimento das metas estabelecidas.

Entende-se, portanto, que os clientes internos são os principais responsáveis pela manutenção dos sistemas de gestão – da qualidade e/ou ambiental. Entretanto, sabe-se que o seu comprometimento com a empresa e as políticas estabelecidas bem como o seu grau de motivação com esses programas é diretamente proporcional à qualidade do ambiente de trabalho oferecido pela empresa. Dessa forma, **para a indústria que deseje implantar os programas de gestão é fundamental o provimento de adequadas condições de trabalho aos seus funcionários.** Nesse momento **o cliente interno à organização passa a ser também o cliente externo da empresa responsável pela elaboração do projeto arquitetônico da indústria.**

Da mesma forma que ocorreu com as necessidades do cliente interno em relação à qualidade do ambiente de trabalho, também a questão da monitoração da satisfação do cliente externo somente foi incorporada aos requisitos da qualidade na nova versão 2000 da ISO 9001. O quadro 2 relaciona esses novos requisitos que colocam o foco no cliente externo: o usuário da edificação.

Em edificações industriais, a importância da qualidade ambiental do espaço arquitetônico ganha proporções ainda maiores na medida que pode trazer as seguintes vantagens (PORTO, 1998):

- para o trabalhador:
 - a) O conforto ambiental tem reflexo direto na produtividade atuando como um fator de motivação;
 - b) A garantia de segurança no trabalho melhora o desempenho da equipe e contribui para saúde física e mental;
 - c) A humanização do ambiente contribui para que o local de trabalho seja identificado como espaço de vivências positivas.
- para o empreendedor:
 - a) O aumento de produtividade dos trabalhadores reverte em aumento nos lucros da empresa;
 - b) Um espaço arquitetônico projetado considerando as questões de conforto ambiental também garante a eficiência energética na medida que visa a otimização da utilização de recursos naturais com uso reduzido dos artificiais, seja na iluminação, climatização ou controle de ruídos. Ainda que a maior demanda de energia no setor industrial se relacione ao processo produtivo, uma redução do consumo com iluminação e climatização, por exemplo, se justificaria já que o montante final costuma ser elevado
 - c) O fato da empresa estar sediada num local cujo projeto arquitetônico possui certificação ambiental contribui de forma positiva para o marketing desta.
 - d) Finalmente, este conjunto de benefícios concorreria para o aumento da competitividade, essencial num mercado globalizado.
- para o projetista:

a) Considerando que ainda são poucas as empresas de projeto que aderiram à busca de certificação, esse certificado pode ser instrumento de projeção do arquiteto e registro de sua competência.

- para a sociedade e governo:

a) É uma medida para o desenvolvimento sustentável

Quadro 2 – Requisitos da ISO 9001 versão 2000 que destacam os clientes internos

5. RESPONSABILIDADE DA ADMINISTRAÇÃO	5.2 FOCO NO CLIENTE	A administração deve garantir que o produto atende às necessidades e expectativas	FOCO NO CLIENTE EXTERNO
	5.5 ADMINISTRAÇÃO 5.5.4 Comunicação Interna	Todas as informações relevantes para a realização do(s) serviço(s) proposto(s) são amplamente divulgadas entre os vários níveis e funções da organização.	
7. REALIZAÇÃO DO PRODUTO 7.2 PROCESSOS RELACIONADOS AO CLIENTE	7.2.1 Identificação dos requisitos do cliente	Além de conhecer e definir os requisitos do cliente, a organização deve determinar outros, não especificados por ele, mas necessários para garantir a qualidade do produto/serviço	
	7.2.3 Comunicação com o cliente	Todas as informações relevantes para a realização do(s) serviço(s) proposto(s) são apresentadas ao cliente	
8. MEDIÇÃO, ANÁLISE E MELHORIA	8.2 MEDIÇÃO E MONITORIZAÇÃO 8.2.1 Satisfação do cliente	A satisfação do cliente deve ser monitorada transformando-se em medida de desempenho do Sistema da Qualidade	

A empresa de projeto precisa, portanto, para atender plenamente aos requisitos desse cliente – **o funcionário da fábrica** – relacionar todos os fatores que possam nortear suas decisões de projeto, quais sejam:

- as recomendações das Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho;
- as normas de conforto ambiental;
- os resultados de APOs – Avaliações Pós-Ocupação – realizadas dentro de ambientes industriais.

3. EXIGÊNCIAS DE HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO : NORMAS DO MINISTÉRIO DO TRABALHO

São três as etapas fundamentais da Higiene Industrial: reconhecimento, avaliação e controle. Na fase de reconhecimento, o objetivo é conhecer detalhadamente os métodos, processos e operações de trabalho. Esta etapa consiste num processo qualitativo onde identificam-se as características físico-químicas das matérias-primas, dos produtos intermediários e finais, rejeitos, número de pessoas expostas, a frequência de exposição e o histórico de danos à saúde. O processo de reconhecimento deve ser iniciado, na medida do possível, ainda na etapa de projeto, o que proporciona facilidades no controle a ser efetuado a posteriori.

A Segunda etapa, avaliação consiste num processo quantitativo que pode ser desenvolvido no ambiente, nos tecidos e fluidos do organismo, ou em ambos, e tem como objetivo medir a concentração ou a intensidade de um ou mais agentes, compará-la com referências apropriadas, bem como estudar a ação individual ou combinada dos agentes no organismo.

A terceira etapa é o controle, que consiste num processo de prevenir ou remediar que objetiva estudar e recomendar as medidas necessárias e suficientes para eliminar a exposição ao risco ou, se possível, reduzi-la a um nível cientificamente aceito.

Com exigências que envolvem o projeto de arquitetura e conforto ambiental, destacam-se as seguintes normas (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2001):

- NR 8 – Edificações
- NR 9 – Programa de Prevenção e Riscos Ambientais
- NR 15 – Atividades e Operações Insalubres, cujos anexos 1, 2, 3, 9 e 10 referem-se à limites de exposição à ruídos, calor, frio e umidade.
- NR 17 – Ergonomia, que estabelece inclusive valores mínimos de iluminamento identificáveis na NBR 5413 da ABNT.
- NR 23 – Proteção contra incêndio.
- NR 24 – Condições Sanitárias e de Conforto no Locais de Trabalho que estabelece normas de higiene no trabalho.

Estas normas expõem requisitos essenciais à certificação de projetos industriais, embora esta última deva ser mais abrangente, calcada em critérios que transcendam os cuidados básicos com a saúde do trabalhador.

A **NR8**, mais geral, especifica algumas características que devem ser incorporadas a qualquer ambiente de trabalho tais como a altura mínima do pé-direito, especificações para pisos e paredes, resistência mínima dos pisos, escadas, rampas, guarda-corpos, dependendo do uso a que se destinam, além d fazer referências às normas específicas relativas à resistência ao fogo, isolamento térmico, isolamento e condicionamento acústico, resistência estrutural e impermeabilidade.

A **NR 9** estabelece a “obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA – visando a preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e recursos naturais”.

Os agentes ambientais são divididos em três grupos, em função da natureza e da forma como atuam no organismo humano: **agentes químicos** (gases, vapores, poeiras, fumos, fumaças, névoas, neblinas e líquidos); **agentes físicos** (ruídos, vibrações, pressões e temperaturas anormais, iluminação, radiação ionizante e não ionizante) e **agentes biológicos** (organismos patogênicos).

A **NR 15** trata das atividades e operações insalubres. Com 20 anexos, ela apresenta os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, ruído de impacto, exposição ao calor, para radiações ionizantes, para trabalhos sob condições hiperbáricas, para trabalhos submersos, para radiações não ionizantes, vibrações, umidade, frio, agentes químicos, poeiras minerais e agentes biológicos.

O item 17.5 da **NR 17** trata especificamente das condições ambientais de trabalho apresentando como requisitos as condições de conforto que incluem: o atendimento aos níveis de ruído estabelecidos pela NBR10152, temperatura efetiva entre 20°C e 23°C, velocidade do ar até 0,75 m/s, umidade relativa do ar superior a 40%. Além disso, ela indica que “em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade” fazendo referência à NBR 5413 para estabelecimento desses limites.

A **NR 23** faz uma série de indicações quanto ao sentido de abertura e largura dos vãos de portas, vias de passagem e corredores, rampas, escadas, elevadores e monta-cargas, além de recomendações específicas para o combate ao fogo.

Finalmente na **NR 24** encontram-se recomendações específicas de conforto ambiental e condições sanitárias dos postos de trabalho, englobando desde as questões relacionadas com o funcionamento dos sanitários até às especificações dos ambientes destinados às instalações sanitárias, vestiários, refeitórios, cozinhas e alojamentos.

Entende-se que o cruzamento/compatibilização dessas recomendação com aquelas que constam especificamente nas normas de conforto ambiental permitirão ao arquiteto que pretenda obter a certificação do seu projeto fabril os parâmetros de projeto necessários à realização deste

4. RECOMENDAÇÕES DE PROJETO : NORMAS ABNT – CONFORTO AMBIENTAL

O Fórum Nacional de Normalização é a Associação Brasileira de Normas Técnicas. Há norma da ABNT referente à tipos de acidentes e suas causas, a NBR 14280. Esta explicita e codifica consequências decorrentes de uma mal equacionamento do ambiente, que poderia ser, de trabalho fabril. Verificam-se acidentes derivados, por exemplo, da exposição à temperatura do ambiente elevada ou baixa, ao ruído (contínuo ou de impacto), à poluição do ar, com codificação estabelecida (ver item 5.3.2. da NBR 14280, intitulado “tipo de acidente pessoal”). Codifica também (item 5.3.3 da NBR 14280) agentes do acidente e fontes da lesão. Um espaço inadequadamente ventilado pode se configurar num agente de acidente e manifestações de energia, como temperatura ambiente e ruído, podem ser fontes de lesão. É um instrumento de apoio ao controle direto de condições ambientais que trazem danos à saúde do trabalhador, com destaque para danos físicos.

4.1 Conforto lumínico

De caráter mais amplo, há normas da ABNT que estabelecem parâmetros de projeto visando o conforto ambiental resultante da correta formulação arquitetônica, do espaço vivenciado tridimensionalmente.. Destacamos, como exemplos deste universo, aquelas referentes `a iluminação artificial e projetos (anteriores às normas) referentes à natural. De uma complexidade maior em sua formulação, os cálculos envolvidos no projeto de iluminação natural e simulações deste resultado, tem sido objeto de trabalho das Comissões de Estudos da ABNT, em busca da qualidade ambiental e eficiência energética de edificações. Entre as normas que tratam desse assunto, destacam-se:

- Em termos de iluminação artificial uma exaustiva lista de definições é apresentada na NBR 5461, de 12/1980, cujo título é “Iluminação”, permitindo identificar e caracterizar elementos relativos à geração e propagação de radiação eletromagnética visível, ultravioleta e infravermelha.; fotometria e colorimetria; e da visão. De importância significativa esta terminologia tem sido respeitada no meio profissional e acadêmico, uma vez que tanto no ensino quanto nas pesquisas o primeiro passo a ser dado é a caracterização das variáveis de estudo.
- NBR 5413, de 04/1982 especifica iluminâncias de interiores, e pontua valores mínimos para diferentes edificações e seus cômodos com iluminação artificial. Para diferentes tarefas visuais são indicados níveis de iluminação adequados com correções destes em se tratando de idosos e outras situações específicas. Também é referência constante da NR 17 e, nestes casos de observância obrigatória.
- Tem-se o projeto 02: 135.02-001, de 1999, intitulado “Iluminação Natural” cujo objetivo é estabelecer conceitos e definir termos relacionados à Iluminação Natural e ao Ambiente Construído. Inicia-se a partir deste instante o suporte específico as soluções com luz natural.
- A sequência deste, projeto 02: 135.02-002, de 1999: “Procedimentos de Cálculo para a Estimativa da Disponibilidade de Luz Natural”, com o objetivo de ser uma ferramenta de projeto e trabalhos de pesquisa.
- Ainda, o projeto 02: 135.02-003, de 1999: “Procedimentos de Cálculo para a Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos”, que complementa as duas primeiras na medida em que descreve um método de cálculo que permite determinar a iluminância num plano horizontal no interior iluminado por janelas.
- Projeto 02: 135.02-004: “Verificação Experimental das Condições de Iluminação Interna das Edificações. Método de Medição”, que prescreve métodos para verificações de iluminâncias e luminâncias com instrumentos de medição, necessários à avaliação–pós-ocupação (caso de ambiente reais) ou de protótipos de escala reduzida.

4.2 Conforto térmico: a questão da ventilação

Com relação à ventilação industrial, pode-se identificar duas classes gerais de sistemas de ventilação: ventilação por diluição e ventilação local exaustora. Na ventilação por diluição, um grande número de renovações é considerado para aquele ambiente, de modo que o ar fresco irá diluir uma possível concentração de poluentes contidos no ar ambiente confinado, de modo a alcançar um nível adequado

de concentração. É uma ventilação menos onerosa e fácil de ser instalada. Porém, a diluição tem seus limites. Ela nunca deve ser utilizada para remoção de poeiras, partículas metálicas ou quaisquer substâncias altamente tóxicas. Nessas situações deve-se optar pela ventilação local exaustora que possibilita um maior controle da remoção de substâncias com moderada ou alta toxicidade, incluindo gases, vapores, poeiras e fumos.(BASTOS, 2001)

Entre as normas brasileiras que tratam da questão da qualidade do ar, destaque é dada a questão dos sistemas de ar condicionado. Provavelmente a preocupação com os ambientes climatizados ganhou maior impulso a partir da *Síndrome do Edifício Doente* conforme pode-se observar nas seguintes normas brasileiras:

- NBR 6401 – Instalações Centrais de Ar Condicionado para conforto – parâmetros básicos de projeto – procedimentos;
- NBR 8969 – Poluição do ar;
- NBR 1391/97 – Recomendações para sistemas climatizados

Some-se a estas normas a Portaria Nacional 3523 publicada no DOU de 31/08/98 que é um regulamento técnico com medidas para a qualidade do ar interior em ambientes climatizados de uso coletivo, e com uso de sistemas de ar condicionado.

4.3 Conforto acústico

Partindo do conceito de que ruído e barulho são sons incômodos ao homem, seus efeitos podem aparecer de quatro formas: atuando sobre o aparelho auditivo, atuando sobre a atividade do cérebro; atuando sobre vários órgãos; atuando sobre a atividade física e mental. O ruído pode provocar desde alterações na pressão arterial até alterações no metabolismo basal com distúrbios neuromusculares. Além disso a influência do ruído na inteligência, principalmente na capacidade de atenção do indivíduo, reduz o rendimento do trabalho tanto intelectual quanto fisicamente (REGAZZI, 2001)

Entre as Normas que tratam do assunto, destaca-se a Norma de Higiene Ocupacional elaborada pela FUNDACENTRO que tem por objetivo “estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído que implique risco potencial de surdez ocupacional”.(NHO01, 1999) Destaque para os critérios de avaliação da exposição ocupacional ao ruído apresentados nesta norma.

Ainda sobre esta questão, vale citar a NBR 10152 que apresenta os níveis de ruído para conforto acústico.

5. DIRETRIZES DE PROJETO FABRIL PARA QUALIDADE AMBIENTAL – CONFORTO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Numa integração e ampliação destas recomendações e obrigatoriedades, ressaltadas nos itens anteriores, deve constituir-se o projeto de arquitetura fabril. A qualidade ambiental deve ser calculada nas tomadas de decisão visando conforto e eficiência energética. Isto se traduz na observância das necessidades humanas, que na fábrica se somam ao fluxo de produção, das possibilidades e restrições do sítio de localização, e da configuração do interior e de suas interferências junto aos principais fatores da percepção espacial : som e ruído, luz e cor, temperatura, umidade e qualidade do ar .

Desde o ante-projeto, no estudo de implantação e setorização do esboço de edificação, a interface do interior frente ao exterior deve ser considerada. O clima e seus elementos como radiação solar e ventos, além de temperatura e umidade relativa do ar, necessitam ser rigorosamente identificados e associados à uma orientação pertinente da edificação. A caracterização das fontes de ruído exteriores complementa esta etapa.

Em seguida, verifica-se a definição da envolvente: materiais de fachadas e cobertura, elementos de sombreamento, equipamentos mecânicos adicionais aos arquitetônicos criam condições ambientais internas mais adequadas ao trabalho e vivência do espaço fabril. As aberturas captam a luz, o som, os ventos, estabelecem renovações de ar. São a conexão com o universo que permeia o indivíduo concentrado no trabalho.

Quanto ao interior, pé-direitos elevados interferem no conforto térmico, acústico e visual. Som e luz se distribuem mais nestas circunstâncias. As formas, cores e texturas das superfícies internas têm

influência crucial no nível de iluminação recomendado, por exemplo, pela NBR 5413, e de modo mais complexo, na execução da tarefa e interação visual com o espaço de atividades fabris.

O fluxo de produção definido em função da tecnologia adotada, a organização do trabalho definida em função de filosofias e técnicas administrativas são sem dúvida, fatores determinantes do piso e layout da fábrica. Entretanto a arquitetura deve somar a estes requisitos as necessidades do trabalhador e de preservação ambiental.

5.1. O projeto de iluminação industrial a partir da luz natural

O projeto de iluminação industrial é definido a partir de critérios de qualidade e de quantidade de luz a ser fornecida. Em termos gerais, a função dos compartimentos da unidade fabril determina a iluminação exigida, como aparece explicitado nas normas técnicas. Diante de tarefas que demandam elevada acuidade visual o fornecimento de altos níveis de densidade de fluxo luminoso se torna necessário, ficando a liberdade de criação do quadro visual mais restrita. Neste caso, a qualidade do projeto que segue critérios como distribuição de luminâncias, existência de contrastes, formação de sombras e ausência de ofuscamento, é definida objetivamente - ainda que dentro de limites de mensuração impostos por sua própria essência, a partir de recomendações de bases científicas, de modo a contribuir para o aumento da produtividade. Já nos ambientes da unidade industrial, onde a acuidade visual requerida é pequena ou moderada, o que normalmente ocorre nas áreas de apoio à fábrica, a sensibilidade do projetista e sua concepção de projeto pessoal definem um quadro visual rico de sensações sensoriais, cujo tratamento em termos de qualidade obtida é subjetivo.

No cálculo da iluminância interna, as variáveis de projeto são: o total de luz incidente na superfície externa da envolvente, a área do vão de captação de luz, a transmitância do fechamento transparente, uso de fatores de sombreamento, a geometria da sala e do nicho do sistema de iluminação, e as refletâncias das superfícies internas. Finalmente, a manutenção do envidraçado e do ambiente interior, em termos de qualidades de transmissão e reflexão da luz complementam este grupo.

Na composição do efeito estético e conforto visual, a disposição física de fontes luminosas, primárias ou secundárias, e operários deve ser observada para se evitar ofuscamento; a formação de sombras rígidas que interferem na visualização de pequenos detalhes pode, por sua vez, ser provocada pelo uso de fontes de iluminação pontuais ou por poucas e pequenas aberturas; os contrastes de cor e de luminância - este último criado por diferença significativa, por exemplo, entre a iluminação geral e a localizada, causam desconforto psico e fisiológico para o indivíduo que está concentrado, ao passo que são extremamente agradáveis àqueles que podem apreciá-los descontraidamente.

5.2. O condicionamento térmico e a renovação do ar com auxílio de elementos climáticos

São indicadas estratégias de arquitetura bioclimática relacionadas aos processos de aquecimento, desaquecimento do ar, umidificação e desumidificação:

- uso da massa térmica. - É possível prover condições ambientais internas satisfatórias em regiões onde, apesar da umidade absoluta se manter no patamar de conforto, a amplitude térmica diária é elevada e as temperaturas máximas e/ou mínimas diárias ultrapassam o limite ideal. Neste caso, o uso de materiais cujas propriedades termo-físicas os fazem interferir na transmissão de calor, proporciona uma amplitude térmica diária interna menor, mais adequada ao Homem do que a externa, e um retardo entre o momento em que se produz a temperatura máxima externa e a temperatura máxima interna. Ressalta-se que o uso da massa térmica pode estar associado a outros recursos relacionados à proteção da radiação solar, como por exemplo, o emprego de elementos de sombreamento ou de cores de alta refletância, como também referentes à exposição e captação da radiação solar, ou estar conjugado ainda com mecanismos de ventilação noturna.
- Sistemas de aquecimento do ar por exposição à radiação solar - Nas regiões em que a temperatura máxima de bulbo seco é menor que 22°C, o aquecimento do ar é necessário e pode, até um determinado limite ser feito com sistemas passivos de captação de energia solar pelo envoltório da construção. A exposição à radiação solar através de elementos estrategicamente dispostos, devidamente orientados e tratados, seja pela pintura escura ou conjugação de fechamentos transparentes e opacos, contribui para o ganho de calor de dia, e eventualmente, liberação à noite.

- Emprego de elementos de proteção à radiação solar - Em regiões quentes, a proteção da edificação à radiação solar pode ser feita através de elementos de sombreamento: próximos - incluindo nesta categoria elevações do terreno e a vegetação; conjugados, exteriores à construção, como os “brise-soleil”, marquises e varandas, e interiores - cortinas e persianas. E por intermédio de materiais de revestimento externo de alta refletência.
- Mecanismos de umidificação e esfriamento do ar - Em áreas onde a temperatura do ar seco é maior do que o limite de conforto, e a umidade absoluta mais baixa do que a indicada como satisfatória, o projeto deve prever a indução de correntes de ar sobre espelhos d’água ou materiais úmidos de modo que através da evaporação da água, o ar se esfrie e se torne mais úmido.
- O uso da ventilação natural - Em regiões quentes ou quentes e úmidas, o aproveitamento das brisas locais que promovem naturalmente a ventilação natural, permite reduzir as perdas de calor do corpo por convecção e evaporação e eliminar a sensação desagradável de umidade sobre a pele. A ventilação natural é também utilizada com o objetivo de manter, no recinto de trabalho industrial, especialmente onde o processo de transformação é poluente, o grau de pureza do ar. Particularmente, a ventilação industrial pode ser efetivada por meios mecânicos que se somam aos naturais na coleta e condução do ar contaminado para tratamento e posterior eliminação e deve estar associada à outras medidas de controle da qualidade do ar, como por exemplo, substituição de materiais tóxicos por outros menos nocivos ou isolamento de compartimentos nos quais a poluição é acentuada. Vale ressaltar, entretanto, que na elaboração do projeto arquitetônico da indústria, deve-se verificar os poluentes presentes no processo de produção para identificar se a ventilação a ser adotada é do tipo diluidora ou ventilação local exaustora. A previsão de ambientes amplamente ventilados pode trazer sérios riscos à saúde do trabalhador se, por exemplo, essa ventilação levar ao espalhamento de poeiras ou outros contaminantes tóxicos. É papel do arquiteto, portanto, conhecer a atividade a ser desenvolvida no ambiente fabril antes de iniciar seu projeto de arquitetura.

5.3 Outras recomendações pertinentes

Em relação ao conforto acústico, vale destacar que pode-se atuar em três fases: emissão, transmissão e recepção. O projeto arquitetônico da indústria pode auxiliar na redução do ruído nas duas primeiras fases. Em se tratando do ruído de impacto, a adoção de mecanismos de amortecimento ou isolamento reduzem a emissão do mesmo. Em contrapartida, a utilização de materiais absorvedores reduzem a propagação. A redução do ruído no receptor dependerá, inclusive, de medidas relacionadas à higiene e segurança no trabalho, entre elas a utilização de protetores auriculares que permitirão a atenuação do mesmo.

Outra preocupação que merece destaque em se tratando de projetos industriais é a questão da contaminação em presença de agentes químicos que podem dispersar-se no ar ou outro meio em quantidade suficiente para que possa causar danos à saúde das pessoas expostas. Os agentes químicos podem ser classificados de duas maneiras: pela forma – tomando como referência a forma como o agente se apresenta no ambiente – gás, vapor, líquidos, aerossol ou aerodispersóide; pelos efeitos no organismo humano – toma como referência os efeitos produzidos no organismo humano – irritantes, asfixiantes, anestésicos ou narcóticos, alergênicos, de atuação no núcleo celular (mutagênicos, teratogênicos ou carcinogênicos) ou pneumoconióticos.

Na Higiene Industrial, entende-se por controle a redução ou eliminação dos agentes presentes no ambiente de trabalho e ele pode ser exercido na fonte, no meio ou no receptor. O projeto de arquitetura corresponde a controle na fonte uma vez que, durante o desenvolvimento do mesmo, devem ser considerados todos os agentes ambientais que possam resultar de um processo produtivo. O projeto deve contemplar as medidas de proteção apropriadas para evitar a formação, a dispersão, ou a concentração desses agentes no ambiente de trabalho.

6. CONCLUSÃO

Para dar início ao projeto arquitetônico de uma indústria, o arquiteto precisa ser capaz de compatibilizar informações que estão pulverizadas em diferentes documentos técnicos e normas brasileiras. Além disso, este profissional precisa estar familiarizado com as atividades a serem desempenhadas naquele ambiente para evitar a adoção de recursos técnicos que sejam prejudiciais à

saúde do trabalhador. Muitas recomendações relacionadas ao conforto ambiental adotadas indistintamente nos projetos de outros estabelecimentos são inadequadas para os projetos industriais podendo, inclusive, trazer danos irreparáveis à saúde do trabalhador da indústria. Portanto, na avaliação do ambiente de trabalho devem ser reconhecidas:

- As características do processo e do ambiente, tais como: temperatura, pressão, umidade relativa do ar, condições de ventilação.
- As características das substâncias (matérias-primas, produtos intermediários, produtos finais e rejeitos); estado físico (toxidade, vias de penetração no organismo, pressão de vapor, temperatura de ebulição, limites de exposição, valor teto)
- Como ocorre a exposição e a movimentação dos trabalhadores;
- A existência de sistema de proteção coletiva ou individual.

Em tempos de certificação da qualidade e ambiental, cabe às indústrias não apenas o controle dos procedimentos internos de trabalho e de gestão ambiental como também – e principalmente – a preocupação com a saúde dos seus trabalhadores. Aos projetistas, cabe a responsabilidade de garantir a realização de um projeto que possa abrigar as diferentes atividades produtivas garantindo o bem estar e a integridade dos seus ocupantes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR ISO 9001 – Sistemas da Qualidade – Modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados** dez/1994

----- **NBR ISO 9001 – Sistemas da Qualidade – Modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados** dez/2000

BASTOS, Leopoldo Eurico Gonçalves. **Ventilação Natural e Mecânica** Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Escola Politécnica/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001

CARVALHO, Sérgio Américo. **Higiene Industrial: agentes químicos**. Apostila do Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho Escola Politécnica/UFRJ, março/2000

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído NHO 01**, Ministério do Trabalho e Emprego, 1999

MELLO JUNIOR, Paulo Moretzsohn de, **Da Higiene Industrial ao Conforto Ambiental: Sistematização Técnica e Jurídica**, Dissertação de mestrado, PROARQ, FAU, UFRJ, RJ, 1999.

PORTO, Maria Maia, COSENZA, Carlos N. , **Arquitetura Industrial - Uma Estrutura Modelada pelos Parâmetros Espaciais Ambientais**, Arquitetura – Pesquisa e Projeto, pgs 55 a 73, Coleção PROARQ, PRO-Editores, SP,1998.

REGAZZI, Rogério Dias. **Agentes Físicos I Parte II Higiene Industrial** Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Escola Politécnica/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001

SALGADO, Mônica Santos. A qualidade do projeto segundo a norma ISO 9001: roteiro para discussão publicado nos Anais do VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 2000), Salvador, 25 a 28 de abril de 2000, volume 1, pág 325 a 332.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. **Manuais de Legislação** 48ª edição, Ed Atlas, São Paulo, 2001