

Projeto de uma sala de aula com base em uma abordagem de Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

Hércules Brasil Vernalha *
Paulo A. Cauchick Miguel **

Resumo

A satisfação dos alunos pode ser considerada um dos instrumentos mais eficientes de publicidade para as universidades enfrentarem a concorrência por matrículas. Não obstante, as vozes de alunos, professores e da comunidade acadêmica em geral raramente são ouvidas por ocasião do projeto de novas instalações nas faculdades. Este artigo pretende discutir a viabilidade de se traduzir as necessidades dos alunos em especificações mensuráveis de engenharia, através do uso da abordagem de desdobramento da função qualidade (QFD) ao projeto de uma sala de aula. Os benefícios do QFD na classificação de aspectos da qualidade, conforme sua influência para o atingimento das necessidades do consumidor, são também apresentados no trabalho. Os resultados demonstram que é possível traduzir as necessidades dos alunos em características mensuráveis da qualidade usando-se QFD. Ao final, apresentam-se algumas propostas para estudo futuro.

Palavras Chave

Desdobramento da Função Qualidade, salas de aula, faculdades.

Abstract

Student satisfaction can be considered one of the most efficient publicity for universities to face the competition regarding new recruitments. Nevertheless, students, lecturers and the whole academic community voices are rarely heard along the process of designing college new installations. This paper aims to discuss the feasibility of translating student demands into measurable design specifications through the use of quality function deployment (QFD) approach to a classroom design. The benefits of QFD in ranking quality features according to their influence in reaching customer

requirements are also presented in this article. The results showed that it is possible to translate student needs into measurable quality characteristics by using QFD. Finally, a number of further studies is outlined.

Keywords

Quality function Deployment; classroom design; colleges.

Introdução

O projeto de novas instalações universitárias obedece usualmente às normas da legislação vigente e da boa engenharia. Raramente, porém, a comunidade universitária é diretamente consultada a respeito das suas principais expectativas de qualidade para essas novas instalações. Os alunos e professores, particularmente interessados em que as salas de aula sejam bem dimensionadas, adequadamente equipadas e confortáveis de forma a favorecer o bom desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, não têm tido a oportunidade de apontar quais fatores consideram mais relevantes para que, efetivamente, as instalações de uma sala sejam um instrumento para o melhor desenvolvimento e aproveitamento das aulas.

Por outro lado, a satisfação do cliente tem se configurado como um fator chave na atividade estratégica de muitas universidades com vistas à crescente competição pela captação de novos estudantes (Wiklund & Wiklund, 1999). A maior dificuldade para que a percepção de usuários tão importantes para a instituição de ensino e tão fortemente afetados pelas condições encontradas nas salas de aula seja considerada de forma sistemática parece ser a tradução dos requisitos desses *stakeholders* em especificações de engenharia que, em última análise, constituem a linguagem através da qual o projeto de novas instalações é desenvolvido.

Justamente na habilidade de amarrar níveis tecnicamente avançados de decisão à *voz do cliente* é que reside uma das características exclusivas da metodologia conhecida por *quality function deployment* (QFD) ou desdobramento da função qualidade. Essa abordagem, desenvolvida em 1972 nos estaleiros da Mitsubishi e hoje largamente empregada no Japão e nos Estados Unidos, tem como ponto central a identificação dos requisitos dos clientes e sua tradução no projeto do produto e nos

processos de manufatura (Partovi & Epperly, 1999). Além disso, visando evitar falhas na interpretação da expressão da *voz do cliente* e também facilitar o estabelecimento dos objetivos a serem alcançados, o método prevê a investigação da percepção do cliente em relação a produtos similares da própria empresa e da concorrência. A utilização do QFD como método de apoio a projetos ligados à construção civil, inclusive de salas de aulas, não é inédita, e a literatura tratando de estudos de caso nessa área pode ser encontrada com razoável frequência (Rahman et al., 1999; Eldin, 2002).

Tendo em vista que este trabalho foi desenvolvido como apoio ao projeto real das instalações do novo campus da *FAAT – Faculdades Atibaia*, seu objetivo central consiste na apuração do conjunto de características técnicas capaz de nortear a construção de salas de aula que atendam aos principais requisitos apurados junto às partes interessadas no projeto, principalmente os alunos da Instituição. Para tanto, foi constituído um grupo multifuncional, com habilidades nas áreas de pedagogia, marketing, engenharia e na aplicação da metodologia do QFD, para condução do trabalho.

As salas de aula do novo campus estão sendo projetadas para cursos majoritariamente noturnos, da Área de Humanidades. Ao longo do trabalho relatado neste artigo, muitas premissas e decisões foram adotadas tendo em vista características, particularidades e idiosincrasias inerentes à Instituição, às metodologias que ela tradicionalmente adota e aos padrões de construção e de equipamentos que lhe são familiares.

I - Requisitos da qualidade: a voz do cliente

A definição dos requisitos da qualidade para o projeto, bem como sua priorização e a quantificação do desempenho de salas existentes demandaram o cumprimento de diversas etapas, sendo a primeira delas o estabelecimento das partes interessadas na qualidade da sala de aula, os *stakeholders*. Além de alunos e docentes, sem dúvida os grupos mais afetados pelas características da sala, foi considerado também o interesse do corpo de diretores das Faculdades. A metodologia adotada para determinação dos requisitos e para sua priorização está descrita na seqüência.

o *Definição dos requisitos de qualidade*

Estabeleceu-se, inicialmente, que o universo dos potenciais alunos da FAAT, bem como de possíveis professores estaria perfeitamente representado pela população dos atuais alunos e docentes da Instituição; dessa forma, ficou estabelecido que a amostragem a ser investigada seria retirada dessa população. Como o objetivo, nessa fase, deve ser produzir uma lista de necessidades que seja a mais ampla possível, através de técnicas qualitativas (Cheng et al., 1995), procurou-se estabelecer, no caso dos alunos, uma amostragem que aglutinasse a maior variedade possível de características encontradas no corpo discente da Faculdade. Por essa razão, optou-se por uma amostragem não probabilista, identificada por tipicidade, no grupo de alunos do curso de Administração de Empresas. Ora, a hipótese subjacente à escolha de um subgrupo típico é que ele se apresente típico no que concerne a um conjunto de propriedades (Marconi & Lakatos, 2002). Justamente no curso de Administração de Empresas, se encontram alunos que cobrem toda a faixa de idade do corpo discente da faculdade (de 17 a 56 anos de idade) e representam equilibradamente a distribuição entre sexos, além de outras características como natureza da escola de origem e nível de renda.

Na escolha da técnica para coleta de dados, a maior preocupação recaiu sobre o risco de alunos, e até mesmo professores, sentirem-se inibidos ou temerosos de manifestar seus reais desejos e necessidades. Por esse motivo, optou-se pela apresentação de um questionário, técnica que tem no anonimato uma vantagem muito apreciável sobre a entrevista, além de poder ser aplicada simultaneamente a um grande grupo de informantes (Ruiz, 1996). O questionário aplicava somente uma pergunta aberta, a saber: “cite os requisitos que você considera importantes para que uma sala de aula seja fisicamente confortável e adequada ao processo de ensino-aprendizagem”. Ele foi pré-testado em um grupo de oito alunos e um professor, não se verificando a necessidade de alterações. Em seguida, foi apresentado à amostra, composta por 203 alunos (73% dos alunos do curso de Administração, 34% dos alunos da FAAT), dos quais 191 (94%) devolveram-no preenchido. Uma amostra aleatória composta por 6 professores (25% do corpo docente) e um diretor também respondeu ao questionário.

Em consonância com as observações de Lebart & Salem (Uminho, 1994), as respostas foram tratadas a partir da delimitação do texto, através de sua pontuação gráfica, e da verificação das palavras e

frases mais utilizadas e que mais contribuíam à definição dos eixos das idéias. Dessa maneira, foram recolhidos 96 itens de qualidade requerida, os quais foram agrupados em 14 conjuntos similares, dos quais foram extraídos 14 Requisitos da Qualidade, suficientemente abrangentes para cobrir, de maneira satisfatória, as exigências apresentadas pelos clientes nas respostas dos questionários. A Figura 1 apresenta o conjunto dos 14 Requisitos, bem como o desdobramento de dois deles em todos os itens correlatos colhidos nas respostas dos questionários.

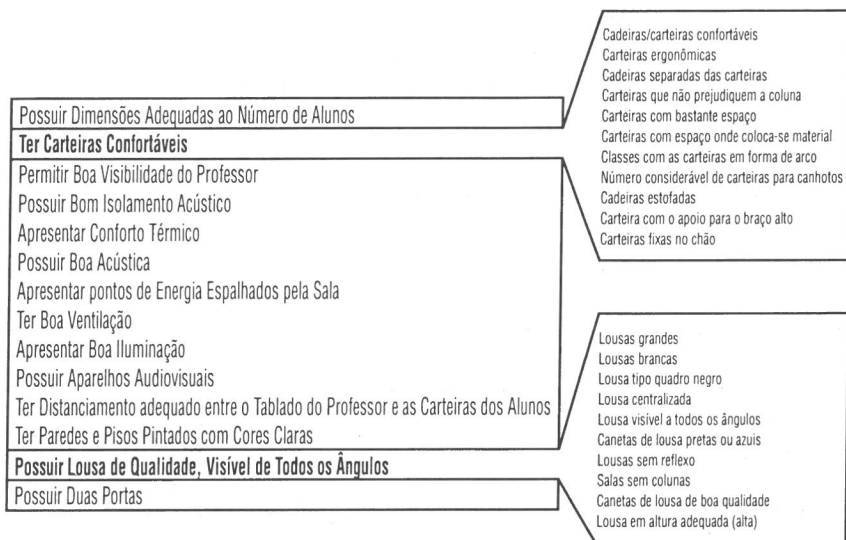


Figura 1 – Requisitos da Qualidade.

o *Priorização dos requisitos da qualidade*

Na etapa seguinte do processo de estabelecimento da “voz do cliente” na Matriz de Qualidade, as partes interessadas priorizaram os Requisitos da Qualidade, na forma como foram estabelecidos no item anterior. Para tanto, apresentou-se a um grupo de 80 alunos das duas últimas séries do curso de Administração de Empresas, portanto, os mais experientes no uso de diversas salas de aula da Instituição e na vivência de diferentes metodologias de ensino, um questionário constando de uma pergunta do tipo múltipla ordenação, a saber: “classifique os 14 requisitos físicos de conforto e adequação de uma sala de aula ao processo de

ensino-aprendizagem apresentados abaixo, conforme sua ordem de importância. O item mais importante deverá receber o número 1 e o menos importante o número 14. O índice de respostas foi de 95%”. O questionário foi aplicado também a uma amostra aleatória composta por quatro professores e um diretor.

Após a análise dos resultados, observou-se que as ordenações finais dos itens foram similares para os alunos do 3º e do 4º anos. O requisito “possuir duas portas”, que na etapa anterior havia sido apontado por somente dois alunos e é considerado bastante inadequado por grande parte do corpo docente e pela direção da Instituição, foi classificado como o menos importante também pelos alunos (14º item) e, a partir dessa etapa, foi definitivamente retirado do conjunto de Requisitos. O resultado final da priorização está apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Prioridade dos Requisitos da Qualidade.

Descrição do Requisito	pontuação	ordem
Possuir Dimensões Adequadas ao Número de Alunos	3,45	1º
Ter Carteiras Confortáveis	4,65	2º
Permitir Boa Visibilidade do Professor	5,97	3º
Apresentar Boa Iluminação	6,11	4º
Apresentar Conforto Térmico	6,48	5º
Possuir Boa Acústica	6,75	6º
Possuir Lousa de Qualidade. Visível de Todos os Ângulos	6,79	7º
Ter Boa Ventilação	7,09	8º
Possuir Bom Isolamento Acústico	7,47	9º
Possuir Aparelhos Audiovisuais	8,19	10º
Ter Distanciamento adequado entre o Tablado do Professor e as Carteiras dos Alunos	9,05	11º
Ter Paredes e Pisos Pintados com Cores Claras	9,49	12º
Apresentar pontos de Energia Espalhados pela Sala	11,23	13º
Possuir Duas Portas	11,75	14º

o *Referências comparativas*

A comparação do objeto do projeto que se pretende desenvolver com produtos semelhantes cujas características possam ser efetivamente avaliadas é de vital importância no contexto do método QFD. Cheng et al.

(1995) apontam que, algumas vezes, o estabelecimento das especificações de projeto ainda é feito sem fatos e dados, com base exclusivamente na experiência pessoal da equipe de projeto. Tendo em vista as atuais instalações das Faculdades Atibaia serem compostas por prédios com diferentes padrões e datas de construção, bem como por salas de dimensões e equipamentos bastante variados, optou-se pela escolha de quatro salas da instituição como referência comparativa no processo de estabelecimento da qualidade projetada para a sala de aula em estudo. A avaliação dessas salas, conforme os Requisitos da Qualidade previamente definidos, foi realizada através de questionário, aplicado a um grupo de 160 alunos de Administração de Empresas que efetivamente estudaram em pelo menos duas das salas. O questionário constava da seguinte pergunta: “A tabela abaixo apresenta uma lista de 13 Requisitos importantes para que uma sala de aula seja fisicamente confortável e adequada ao processo de ensino-aprendizagem. Atribua uma nota de 0 a 10 para cada um dos 13 Requisitos nas colunas referentes a cada uma das salas de aula nas quais você tenha estudado”. A pergunta foi resultado de alteração efetuada após pré-teste com 19 alunos, no qual detectou-se a necessidade de incluir a expressão “cada uma das” antes de “salas de aulas” para deixar claro que o aluno deveria avaliar todas as salas nas quais estudou. O índice de questionários respondidos foi de 94%.

A figura 2 traz a parte referente à qualidade planejada na matriz, com os dados comparativos, qualidade projetada, o argumento de vendas e peso final de cada Requisito da Qualidade. O grau de importância de cada Requisito na Matriz foi calculado proporcionalmente à pontuação apresentada na tabela 1, sendo que o 1º classificado (pontuação 3,45) recebeu o grau máximo (10) e o último classificado (13ª colocação, pontuação 11,23) recebeu o grau mínimo (1). O índice de melhoria foi calculado em relação à média aritmética das notas obtidas nas quatro salas avaliadas.

O *argumento de vendas* foi avaliado pelo departamento de marketing das faculdades conforme a seguinte padronização: 1,3 pontos para “alta importância”, 1,15 pontos “para importância mediana” e 1,0 pontos para “importância moderada”. Esse padrão foi elaborado a partir da recomendação da literatura (Cheng et al., 1995), com alterações que visam a facilitar o entendimento sobre o argumento de vendas.

Requisitos da Qualidade	Grau de Importância				Qualidade Planejada	Índice de Melhoria	Argumento de Vendas	Peso Absoluto	Peso Relativo (%)	
	Sala B4	Sala B1	Sala A1	Sala A14						
1 Possuir Dimensões Adequadas ao Número de Alunos	10,0	6,8	6,5	9	4,7	8	1,2	1,15	14	12,9
2 Ter Carteiras Confortáveis	8,6	3,2	3,4	7	6,2	7	1,41	1,3	16	14,7
3 Permitir Boa Visibilidade do Professor	7,1	7,6	7,2	9	6,6	8	1,06	1,15	8,7	8,1
4 Apresentar Boa Iluminação	6,9	7,0	7,5	9	8,3	8,5	1,05	1,3	9,5	8,9
5 Apresentar Conforto Térmico	6,5	6,5	6,6	8	6,6	8	1,15	1,3	9,7	9,0
6 Possuir Boa Acústica	6,2	6,5	5,6	8	6,6	7	1,07	1,3	8,6	8,0
7 Possuir Lousa de Qualidade. Visível de Todos os Ângulos	6,1	6,0	5,9	9	6,3	9	1,35	1,15	9,5	8,9
8 Ter Boa Ventilação	5,8	6,6	6,2	9	6,9	7	0,99	1,15	6,6	6,2
9 Possuir Bom Isolamento Acústico	5,4	6,6	5,5	6	6,1	7	1,15	1,15	7,1	6,6
10 Possuir Aparelhos Audiovisuais	4,5	6,5	7,1	7	7,6	8	1,13	1,3	6,6	6,2
11 Ter Distanciamento adequado entre o Tablado do Professor e as Carteiras dos Alunos	3,5	5,5	5,3	6	4	7	1,32	1	4,6	4,3
12 Ter Paredes e Pisos Pintados com Cores Claras	3,0	6,7	7,9	8	7,5	10	1,35	1,3	5,3	4,9
13 Apresentar pontos de Energia Espalhados pela Sala	1,0	3,7	3,8	5	4	6	1,48	1	1,5	1,4

Figura 2 – Peso dos Requisitos na Matriz QFD.

II - Características da qualidade

A definição das Características da Qualidade é a etapa do QFD em que se traduzem os Requisitos de Qualidade dos clientes em medidas tecnicamente quantificáveis que reflitam tais requisitos; em outras palavras, é a tradução das necessidades, expectativas e desejos em características mensuráveis, procurando incluir todas as especificações de projeto que possam resultar na satisfação da *voz do cliente* (Eldin, 2002). Nessa fase, procurou-se aliar as habilidades e os conhecimentos de engenharia dos membros do grupo aos dados colhidos junto à literatura, de forma a compor o conjunto final de características a serem consideradas, bem como mensurá-las nas quatro salas utilizadas como referência comparativa e estabelecer os objetivos a serem alcançados, ou seja, a qualidade projetada para a nova sala de aula. Os itens a seguir, ordenados conforme os requisitos de qualidade previamente estabelecidos, apresentam as informações obtidas nesse processo.

o *Possuir dimensões adequadas ao número de alunos*

Ainda que seja um requisito previsto nas avaliações das condições físicas oferecidas pelas instituições de ensino (DAES, 2002), a densidade de alunos em uma sala de aula de grau universitário não é objeto de uma normatização federal específica. A antiga Consolidação das Leis do Ensino do Estado de São Paulo, de 1947, sugere o limite mínimo de 1,0 metro quadrado por aluno, mais 12 metros quadrados para cátedra. A Secretaria da Saúde do Estado define em 1,20 metro quadrado a área mínima por usuário em salas de aula.

O código regulamentador do Estado da Califórnia, EUA, aponta para uma área mínima de 2,7 metros quadrados por aluno, para classes do ensino fundamental (Evans, 1998). Em seu estudo sobre as dimensões mínimas de uma sala de aula de ensino fundamental, baseado no princípio do espaço social (*social distance*), Tanner (2000) chegou ao valor ideal de 4,41 metros quadrados por indivíduo. Horne (1999), em sua pesquisa englobando 62 salas de aula inglesas, encontrou valor médio bastante semelhante: 4,6 metros quadrados por aluno.

Tratando da metragem usual das salas de aula universitárias dos Estados Unidos, um estudo da Universidade de Indiana aponta para o já tradicional metro quadrado por aluno (IUPUI, 1997). Esse número tem sido adotado como referência também em muitas universidades brasileiras. Os autores do estudo, porém, são enfáticos ao afirmar que o uso de mobiliário como mesas de estudo exige no mínimo o dobro dessa metragem.

Com relação às proporções entre as dimensões largura e comprimento da sala de aula, verifica-se a crescente tendência em se evitar salas excessivamente compridas ou largas. O manual de padrões de planejamento para prédios escolares do governo do Estado de Nova York, EUA, recomenda que o lado mais curto da sala de aula não seja menor que dois terços do lado maior (SED, 1998).

Para efeito deste trabalho, no que diz respeito ao requisito em estudo, foram definidas três características da qualidade: a área por aluno, em metros quadrados, a área para professor, em metros quadrados, e a proporção largura/comprimento da sala. Os respectivos objetivos estipulados foram de mínimo de 1,2 metro quadrado por aluno, 20 metros quadrados para professor, e a proporção mínima de 0,67 entre as dimensões da sala.

○ *Ter carteiras confortáveis*

Podem-se encontrar no mercado, hoje, basicamente quatro diferentes itens de mobiliário que têm sido regularmente empregados para uso dos alunos universitários em sala de aula, a saber:

- carteira universitária tradicional;
- carteira universitária com prancha grande;
- carteira tipo mesa-cadeira;
- mesa-cadeira de múltiplos lugares.

No que diz respeito a esse item do mobiliário escolar, a pesquisa realizada junto aos alunos só fez confirmar o alto nível de rejeição à carteira universitária tradicional, bastando verificar a pontuação recebida nesse quesito pelas salas B4 (nota 3,24) e sala B1 (nota 3,40), que utilizam esse modelo. Já as carteiras do tipo universitário com prancha larga foram muito melhor avaliadas, como confirma a pontuação atribuída a esse quesito das salas A14 (nota 6,2) e A1 (nota 7,0).

As carteiras do tipo mesa-cadeira também costumam ser muito apreciadas pelos alunos, porém o amplo espaço que ocupam na sala de aula pode configurar-se em uma dificuldade para garantia do atendimento de outro requisito da sala de aula, “possuir dimensões adequadas ao número de alunos”. O uso de mesa para múltiplos lugares, por sua vez, está intrinsecamente ligado à metodologia de ensino e de avaliação a ser adotada em sala de aula e, se por um lado favorece o desenvolvimento do trabalho em grupo e o uso de equipamentos eletrônicos, pode, por outro, dificultar o acompanhamento de aulas expositivas e o desenvolvimento de tarefas de natureza individual.

Com relação ao material de assentos e pranchas das carteiras mais frequentemente disponíveis no mercado, encontram-se a madeira compensada, a madeira revestida com fórmica e o plástico, via de regra parafusados em estruturas metálicas. Carteiras estofadas, por sua vez, costumam ser muito solicitadas pelos alunos. Estudo realizado junto a estudantes de engenharia de produção e de desenho industrial (Linden & Kuzler, 2001) avaliando cadeiras-altas com três tipos de assento, sendo um deles estofado e forrado em couro, mostrou que a percepção inicial relativa a esses assentos (macio, confortável) não se confirmou, na maior

parte das respostas, após o teste de uso (quente, macio demais, gruda na pessoa). As carteiras estofadas apresentam custo, em média, 20% superior ao das carteiras revestidas com fórmica, tornando seu uso pouco comum nos cursos de graduação das universidades brasileiras.

Definiu-se, neste trabalho, como objetivo da qualidade, a utilização de carteiras universitárias revestidas de fórmica, com prancha do tipo grande.

- *Permitir boa visibilidade do professor. Possuir lousa de qualidade, visível de todos os ângulos.*

A boa visibilidade de professor e lousa pode ser garantida, inicialmente, se houver diferenciação do nível em que permanece o professor daquele onde estão colocadas as carteiras dos alunos. Esse desnível pode ser obtido através de recursos arquitetônicos, como a disposição da sala em degraus (formato de anfiteatro), ou ainda, de forma mais simplificada, providenciando-se uma plataforma na parte dianteira da classe, que garanta que o professor e a lousa permaneçam em posição mais elevada. Apesar das argumentações contrárias à utilização dessas plataformas (restringem a mobilidade do professor, criam um distanciamento do professor em relação aos alunos, entre outras), elas parecem cumprir, com simplicidade, a função de melhorar a visibilidade do professor. No resultado dos questionários aplicados em salas grandes, verificou-se que as notas desse requisito nas salas que possuem a plataforma (sala B4, nota 7,57 e sala B1, nota 7,23) foram melhores que a da sala que não tem plataforma (sala A-14, nota 6,6).

A leitura da lousa, por sua vez, também pode ser facilitada a partir do arredondamento de suas bordas no sentido côncavo, evitando-se assim a dificuldade de acesso visual às suas extremidades. Com relação ao tipo de lousa a ser utilizado, o uso de pincéis em lousas claras é sempre preferível ao giz tradicional, inclusive para evitar problemas de saúde, como alergias causadas pelo pó de giz, em professores e alunos.

As características definidas para esses requisitos, portanto, são:

- plataforma para permanência do professor;
- o formato da lousa a ser utilizada;

- o tipo de lousa a ser utilizada.

Os objetivos para cada uma das características são, respectivamente, a existência da plataforma para permanência do professor (altura mínima da plataforma de 0,1 metro e altura mínima da lousa em relação à plataforma de 1,0 metro), lousa com extremidades côncavas e lousas em fôrmica branca.

- *Apresentar boa iluminação*

Duas características foram consideradas adequadas para mensurar o requisito *boa iluminação*, tendo em vista que as classes estão sendo projetadas para cursos noturnos e, conseqüentemente, terão iluminação artificial. A primeira delas foi o Grau de Reflexão, função da cor das paredes da sala. Definiu-se, como objetivo para essa característica, a faixa máxima, ou seja, 70 a 80% de reflexão a ser obtida através da pintura das paredes com tinta na cor branca.

A segunda característica considerada foi a Iluminância também conhecida por Iluminamento. A Iluminância de uma superfície pode ser definida como o fluxo luminoso recebido pela unidade de área da mesma e é medida em *lux*. O lux é o iluminamento produzido pela incidência de um lúmen por metro quadrado (Fonseca, 1977). Considerando-se as antigas tabelas de padrões de iluminamento (Fonseca, 1977) e iluminância mínima (NBR5413, 1982), que sugerem valores entre 200 e 700 lux para salas de aula, bem como as propostas mais recentes de divisão por classes (NBR5413, 1992) ou categorias de iluminância (Chen, 1999), analisada a faixa destinada ao desempenho de tarefas visuais de médio contraste ou tamanho reduzido (500 a 1000 lux), definiu-se como objetivo para essa característica a iluminância mínima de 600 lux.

- *Apresentar conforto térmico e ter boa ventilação*

Segundo Fanger (1972), não é possível que um grupo de pessoas sujeitas ao mesmo ambiente, ao mesmo tempo, esteja todo ele satisfeito com as condições térmicas do mesmo, devido às características individuais de cada pessoa. Além disso, com todo rigor, não se podem fixar exigências para alguns fatores ambientais sem conhecer os outros, em virtude da combinação de diversos fatores que caracterizam o ambiente, tais como temperatura do ar, temperaturas radiantes, velocidade do ar, umidade do ar e temperatura do solo (Croiset, 1976).

Também não é simples escolher índices de conforto térmico, uma vez que eles são desenvolvidos com base em diferentes aspectos do conforto e podem ser classificados como índices biofísicos, índices fisiológicos e índices subjetivos. A escolha de um ou outro tipo de índice de conforto deve estar relacionada com as condições ambientais e com a atividade desenvolvida pelo indivíduo (Frota & Schiffer, 1988).

Humphreys (1976) realizou um estudo de campo no qual concluiu que os índices de conforto variavam conforme a temperatura média da região onde cada estudo era realizado. De fato, em sua pesquisa sobre as condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau, Xavier (1999) apontou a sensível diferença entre os limites de temperatura confortável constatados entre estudantes do litoral nordestino brasileiro (25,1 a 28,1 °C) e estudantes da região de Florianópolis (20 a 26°C).

Dessa forma, procurou-se, neste trabalho, restringir as características da qualidade relativas ao requisito “Conforto Térmico” a dois itens bastante relevantes e de fácil mensuração: o índice de temperatura efetiva e a umidade relativa do ar. Utilizando-se de valores fornecidos na literatura técnica e relativos ao Estado de São Paulo (Frota & Schiffer, 1988) e nas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho (Souza et al., 1990) definiu-se como objetivos a faixa de temperatura efetiva entre 20 e 24°C, a umidade relativa do ar não inferior a 40%.

Duas características foram previstas para o cumprimento do requisito “Ter Boa Ventilação”: área mínima de ventilação natural e número mínimo de ventiladores. Os objetivos especificados para cada uma delas neste trabalho foram de 0,1 metros quadrados de área de ventilação por metro quadrado de área da sala de aula e de 0,04 ventiladores por metro quadrado de sala de aula (um a cada 25 metros quadrados).

- *Possuir boa acústica e bom isolamento acústico.*

As boas características acústicas do recinto de uma sala de aula podem ser medidas através de três itens principais, a saber: tempo de reverberação, nível de ruído e intensidade do som. Reverberação é a persistência de um som em um recinto limitado, depois de haver cessado a sua emissão por uma fonte (Nobre, 2002); conforme o uso e o volume do

ambiente, há um valor de tempo de reverberação considerado ótimo que varia entre 0,6 e 2,4 segundos, sendo que os menores valores são recomendados para a fala e conferências (Carvalho, 2002). Algumas universidades norte-americanas procuram garantir em suas salas faixas de reverberação entre 0,8 e 1,0 segundos, através do uso de materiais construtivos adequados (University of Guelph, 2000). Os ruídos existentes na sala de aula provêm, principalmente, de equipamentos como ar-condicionado, ventiladores e reatores de lâmpadas, além daqueles provindos do exterior, pela má isolamento acústica das paredes. Clímaco (2002) aponta a necessidade de redução de 40dB do nível de ruídos entre uma sala de aula emitente (70dB) e a sala de aula que se quer isolar, de forma a atingir o mínimo nível de ruído da faixa aceitável para a atividade (de 30 a 40 dB). A amplificação do som, por sua vez, visa garantir que todos os alunos captem a mensagem emitida pela fala do professor, em um volume adequado. Ela pode ser obtida através de equipamentos eletrônicos específicos, incluindo microfones de alta sensibilidade. Além de facilitar a compreensão da aula, o equipamento de amplificação reduz o esforço da fala por parte dos professores.

Neste trabalho, estabeleceu-se como objetivo para as três características descritas o tempo de reverberação inferior a 1,0 segundo, o nível máximo de ruído de 40 dB e a existência de equipamento para amplificação do som, incluindo microfones sem fio.

- o *Possuir aparelhos audiovisuais e apresentar pontos de energia espalhados pela sala.*

Uma sala de aula bem aparelhada deverá estar preparada para a utilização de dois tipos de tecnologias de apresentação simultaneamente (University of Guelph, 2000), por exemplo, um projetor de imagens computadorizadas e um retroprojetor, inclusive com telas de dimensões mínimas de 0,167X (altura) por 0,22X (largura), onde X é a distância até o último aluno. As instalações elétricas deverão ser previstas no dimensionamento e na posição adequados para suportar essas tecnologias e também a aparelhagem de som. Já com relação aos *laptops* de alunos, se por um lado seu uso ainda não é uma realidade corrente entre o público alvo deste trabalho, sua popularização está avançando rapidamente e, portanto, não deve ser negligenciado no dimensionamento das instalações elétricas.

No desenvolvimento deste trabalho foram definidas duas características para atendimento dos requisitos em estudo: instalações compatíveis com o uso simultâneo de diferentes tecnologias de apresentação e o lançamento de eletrodutos para futura instalação de *laptops*. O objetivo, no primeiro caso, é o uso de duas tecnologias simultaneamente. Para a segunda característica, o objetivo não é numérico e diz respeito à própria colocação dos eletrodutos (sim ou não), cuja inexistência poderia inviabilizar a futura instalação de pontos para ligação dos computadores.

Os requisitos não discutidos neste item do trabalho (Ter Distanciamento Adequado entre o Tablado do Professor e as Carteiras dos Alunos e Ter Paredes e Pisos Pintados com Cores Claras) foram atendidos por características definidas ao longo do estudo dos demais requisitos.

A figura 3 apresenta o conjunto de Características da Qualidade estabelecidas, o resultado de sua medição nas quatro salas de aula tomadas como referência, a qualidade projetada para a sala de aula em estudo e a unidade de medida de cada uma dessas características.

	Área (m ²) por Aluno	Área (m ²) para Professor	Proporção largura/comprim.	Modelo de Carteira	Plataforma para Professor	Formato da Lousa	Tipo de Lousa	Grau de Reflexão	Iluminância	Temperatura Eletiva	Umidade Relativa do Ar	Área de ventilação natural	Ventiladores por m ²	Tempo de Reverberação	Ruídos Totais	Amplificação do Som	Tecnologias Simultâneas	Lançamento Eletrodutos	
Sala B4	0,9	15,0	1,0	u	s	p	b	70%	273	18/26	>40	0,04	0,04	<1,0	<40	s	1	n	
Sala B1	1,0	15,0	1,0	u	s	p	b	70%	410	17/25	>40	0,04	0,04	>1,0	<40	s	1	n	
Sala A1	1,7	12,6	0,7	u	l	n	p	b	70%	400	17/26	>40	0,10	0,03	<1,0	<40	n	1	n
Sala A14	0,9	9,5	0,5	u	l	n	p	b	70%	700	18/29	>40	0,09	0,04	<1,0	<40	s	1	n
Qualidade Projetada	1,1	16,0	0,7	u	l	s	cc	b	70%	600	20/24	>40	0,10	0,04	<1,0	<40	s	2	s
Unidades	m ²	m ²		*1	s/n	*2	*3	%	lux	°C	%	*4	un.	s	dB	s/n	un.	s/n	

Legenda: 1* u= carteira universitária; u l= carteira universitária com prancha larga.
 2* p= plana; cc= com extremidades côncavas
 3* b= lousa branca
 4* área de ventilação natural/área total da sala

Figura 3 – Características da Qualidade

III - Correlação entre Requisitos e Características da Qualidade

Podem-se escolher diversos símbolos gráficos e diferentes escalas de pesos válidos para assinalar o grau de correlação entre os Requisitos da Qualidade e as Características de Projeto, etapa que poderia ser chamada de preenchimento do corpo da matriz da qualidade, a matriz de relacionamentos (Hauser & Clausing, 1988). O grupo responsável por detectar as correlações e quantificar sua intensidade optou por utilizar uma simbologia bastante difundida nos trabalhos envolvendo o método QFD, a qual está associada ao sistema de pesos 9-3-1, valores que representam forte, moderada e fraca correlação, respectivamente. Esse sistema de quantificação freqüentemente consegue uma apreciável diferenciação entre os itens importantes e aqueles de menor importância (Govers, 1996).

Assinaladas as correlações, é possível estabelecer os pesos absolutos e relativos (percentuais) de cada característica, a partir da soma, em sua coluna, dos produtos dos graus de correlação encontrados, pelo peso dos respectivos requisitos da qualidade. A figura 4 apresenta a matriz QFD completa, com os pesos obtidos.

IV - Considerações e Análise dos Resultados

Antes da análise dos resultados obtidos através do desenvolvimento da matriz de QFD, é necessário que se façam algumas considerações a respeito da metodologia adotada neste trabalho, as quais visam contextualizar e mesmo relativizar alguns desses resultados.

Inicialmente, é importante reafirmar que o objetivo do trabalho parte da investigação das condições físicas ideais de uma sala de aula, sob a ótica de alunos e professores. Por esse motivo, não comporta um debate aprofundado sobre questões pedagógicas tais como, por exemplo, a influência das diferentes metodologias de ensino e de avaliação da aprendizagem, que poderiam, sem dúvida, aprimorar os resultados encontrados, mas que definitivamente não fazem parte do escopo deste trabalho.

A respeito do estabelecimento dos Requisitos da Qualidade, ainda que as respostas aos questionários entregues a professores e a um membro da direção tenham sido importantes na sua definição, o critério adotado

para priorização desses requisitos computou os questionários de professores juntamente com os dos alunos e, sendo estes em número muito maior, privilegiou a classificação fornecida pelos estudantes. Caso outro critério tivesse sido adotado, visando nivelar a classificação fornecida por alunos e professores, é possível que a ordenação final dos requisitos fosse alterada, por exemplo, aumentando o peso de itens como “possuir boa acústica”.

No que diz respeito à metodologia adotada para a aplicação da técnica do QFD, é importante ressaltar que o desdobramento (*deployment*) propriamente dito não foi apresentado neste trabalho, que se limitou a desenvolver uma primeira matriz de correlações, a qual poderá fornecer subsídios para desdobramentos subseqüentes que tratariam, por exemplo, diretamente da qualidade de materiais e equipamentos, bem como dos processos construtivos. Além disso, este trabalho também não se deteve em analisar as possíveis correlações entre as próprias características da qualidade, que alguns autores denominam por *matriz teto*. Essa análise poderia ajudar a equipe de engenharia na especificação dos padrões de engenharia que devem ser melhorados colateralmente (Hauser & Clauser, 1988). Assim, por exemplo, carteiras mais confortáveis podem significar maiores dimensões da sala e maiores níveis de iluminância podem significar aumento do nível de ruído, em virtude do aumento no número de luminárias e, conseqüentemente, de reatores.

A despeito das considerações feitas acima, várias informações importantes puderam ser obtidas como resultado da matriz de QFD desenvolvida neste trabalho. O alto peso das características ligadas às dimensões da sala de aula, se por um lado representam a preocupação do alunado de uma faculdade que vem assistindo a um crescimento superior às possibilidades físicas de acomodação do antigo prédio, por outro faz sepultar qualquer esboço de projeto no qual as salas apresentem-se excessivamente alongadas ou alargadas, ou ainda com alta densidade de ocupação. Talvez ainda mais relevante tenha sido o alto peso alcançado pelo item relativo ao conforto das carteiras. Mesmo que pudesse parecer óbvia, a importância desse quesito tem sido freqüentemente minimizada em favor de outros investimentos que, neste trabalho de tradução da voz do cliente, mostraram-se bem menos relevantes.

Também foi bastante significativo o nível de importância atingido pela característica “iluminância” no quadro final dos pesos, demonstrando, em conjunto com as outras características apontadas no

parágrafo anterior, a tendência dos alunos em priorizar itens básicos e fundamentais em detrimento daqueles que poderiam eventualmente estar associados com aspectos mais lúdicos do processo de ensino-aprendizagem, como as tecnologias de apresentação.

Conclusão

A análise dos resultados obtidos permite concluir que foi possível traduzir, com sucesso, as expectativas dos clientes de uma sala de aula, em especial dos alunos, em padrões de engenharia, utilizando-se o método QFD.

Verificando-se os pesos finais assinalados para cada uma das Características da Qualidade, é possível diferenciar com clareza seu grau de importância comparativa. Além disso, o próprio exercício da procura de cada um dos aspectos e padrões que possam viabilizar as demandas apresentadas pelos clientes por si só enriqueceu o projeto e aumentou o discernimento do grupo responsável por seu desenvolvimento.

Futuros trabalhos poderiam proceder à transposição dos resultados obtidos nesta primeira matriz, desdobrando-os, através de outras matrizes, até alcançar informações sobre as características do projeto estrutural, dos materiais a serem utilizados e dos procedimentos e técnicas construtivas.

A análise da influência dos resultados obtidos neste trabalho sobre as características reais das salas de aula a serem construídas, bem como a investigação da satisfação dos usuários dessas salas, sobremaneira dos alunos, com relação a seu desempenho nos requisitos cuja importância eles elencaram nas respostas dos questionários poderiam também se configurar como temas relevantes para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

Bibliografia

CARVALHO, M. L. U. Condicionamento Acústico. Prodesivo, 2002. Disponível em <[http:// www.prodesivo.com.br/Curso_Apressentação_3.pdf](http://www.prodesivo.com.br/Curso_Apressentação_3.pdf)> Acesso em 30/06/2003.

CHEN, K. *Energy management in illuminating systems*. New York: CRC Press LCC, 1999.

CHENG, C. L. et al. *QFD: planejamento da qualidade*. Belo Horizonte: UFMG, 1995.

CLÍMACO, R. S. A Audição. Prodesivo, 2002. Disponível em <http://www.prodesivo.com.br/Curso_Apresentação_3.pdf> Acesso em 01/07/2003.

CROISSET, M. *Humedad y temperatura em los edificios*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1976.

DAES – Diretoria de Estatísticas e Avaliação da Educação. Manual de Avaliação de Curso. Brasília: MEC, 2002.

ELDIN, N. A promising planning tool: quality function deployment. In: *American Association of Cost Engineers*. Morgantown, Vol. 44, N. 3, p. 28 – 36, Mar, 2002.

EVANS, A. M. *School Facility Recommendations for Class Size Reduction*. Sacramento: California Department of Education, 1998.

FANGER, P.O. *Thermal comfort, analysis and applications in environmental engineering*. New York: McGraw-Hill, 1972.

FONSECA, R. S. *Iluminação Elétrica*. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1977.

FROTA, A. B., SCHIFFER S. R. *Manual de Conforto Térmico*. São Paulo: Nobel, 1988.

GOVERS, C. P. M. What and how about quality function deployment (QFD). In: *International Journal of Production Economics*, 46 - 47, p. 575-585, 1996.

HAUSER, J.R., CLAUSING, D. The house of Quality. In: Harvard Business Review, Boston, May-June, 1988.

HORNE, S. C. Establishing trend relationships in teachers' use of the classroom environment. London, IDATER (Loughborough University), 1999. Disponível em <http://www.lboro.ac.uk/idater/database/horne99.html> Acesso em 29/06/2003.

HUMPHREYS, M. Field Studies of Thermal Comfort Compared and Applied. In: *Building Serv. Engr* 44, pp. 5-27, 1976, apud

XAVIER, A. A. P., Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis. UFSC, 1999

IUPUI – Indiana University. Planning for Learning: Equipping our learning environments. Indiana University, Aug, 1997. Disponível em <http://www.ulib.iupui.edu/itt/planlearn/home.html> Acesso em 21/06/2003.

LINDEN, J.C.S, KUNZLER, L.S.Q. A seleção dos materiais e o conforto percebido em produtos. In: *XI Congresso Brasileiro de Ergonomia*, 2001, Gramado, Anais... Recife: Associação Brasileira de Ergonomia, 2001

MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M. *Técnicas de Pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR5413, 1982.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR5413, 1992.

NOBRE, N. Acústica ecologicamente correta. In: *Correio Brasiliense*, 16/10/2002.

PARTOVI, F. Y., EPPERLY, J. M. A quality function deployment approach to task organization in peacekeeping force design. In: *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol 33, p.131-149, 1999.

RAHMAN, H. A. et al. Quality function deployment in construction design: application in low-cost housing design. In: *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol 16, N. 6, p.59-605, 1999.

RUIZ, J. A. *Metodologia Científica*. São Paulo: Atlas, 1996.

SED- The State Education Department. *Manual of Planning Standards for School Buildings*. Albany: The University of the State of New York, 1998.

SOUZA, C. R. C. et al. *Normas Regulamentadoras Comentadas*. Rio de Janeiro: [s.n.], 1998.

TANNER, C. K. *Minimum classroom size and number of students per classroom*. School Design and Planning Laboratory - The University of Georgia, 2000.

UNIVERSITY OF GUELPH Guidelines & Specifications for new classroom construction or renovation, Dec. 2000.

WIKLUND, P. S., WIKLUND H. Student focused design and improvement of university courses. In: *Managing Service Quality*, Vol. 9, N. 6, p. 434-443, 1999.

XAVIER, A A. P., *Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis*. UFSC, 1999.

UMINHO- Universidade do Minho. Métodos e técnicas de Investigação Social. Disponível em <http://www.ics.uminho.pt/sociologia/ensino/met_tecn_2/aula%20teorica%208_estatistica%20textual.pdf> Acesso em 19/06/2003

* Hércules Brasil Vernalha é Engenheiro, Especialista em Administração de Empresas, Mestre e Doutorando em Engenharia da Produção, Coordenador e professor da FAAT.

** Paulo A. Cauchick Miguel é PhD em Engenharia e professor da UNIMEP no programa de Pós-graduação em Engenharia da Produção

