



## **AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM ESTRUTURAS DE MEMBRANAS TENSIONADAS: ESTUDO DE CASO EM VITÓRIA-ES, NUM PERÍODO DE VERÃO**

**Giselly Marchesi Bianchi (1); Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá (2);  
Luiz Herkenhoff Coelho (3)**

(1) Universidade Federal do Espírito Santo, R. Des. Augusto Botelho, 46/801A, Vila Velha/ES, 29101-110, tel. (27) 3229.4295, gisellyb@globo.com

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 36570-000, tel. (31) 3899.1982, tibirica@ufv.br

(3) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES, 29075-910, tel. (27) 3335.2784, lhcoelho@ct.ufes.br

### **RESUMO**

Atualmente, com os avanços tecnológicos e a rapidez com que as mudanças de todos os gêneros são transmitidas de forma global, conceitos como reciclagem, desmontabilidade e flexibilidade tornaram-se imprescindíveis.

Um reflexo desse aspecto na arquitetura e na construção civil é a busca incessante por novos materiais, novas tecnologias e novas formas. Respondendo a essa demanda, as estruturas de membranas tensionadas, ou tensoestruturas, surgem como alternativa projetiva. Essas estruturas podem ser definidas como coberturas constituídas por membranas flexíveis, cujo princípio estrutural é a tração.

Características como desmontabilidade, aparências espacial e lumínica, evocação simbólica e vencimento de grandes vãos tornam, muitas vezes, os tensionados a única solução projetual.

Como as membranas são superfícies delgadas, elas apresentam características diferentes dos materiais de construção tradicionais. A sua utilização em países de clima tropical, como o Brasil, requer conhecimentos de suas propriedades térmicas, lumínicas e acústicas, visando a alcançar as condições de conforto ambiental requeridas pelos usuários.

Foram consideradas as características das membranas e avaliados os aspectos ambientais relacionados a uma estrutura de membrana tensionada, tendo como estudo de caso um restaurante existente em Vitória, ES.

Os resultados da pesquisa são um suporte teórico e experimental para engenheiros, arquitetos, estudantes e profissionais da construção civil.

### **ABSTRACT**

Nowadays, concepts like recycling, dismountability and flexibility are indispensable in the context of the technological advances and global changes. As consequence for built environments, there is permanent searching for new materials, new technologies and new shapes. It is presented here an alternative design approach to answer this demand: the lightweight tensile structures.

The stressed membrane structures are composed by flexible and very thin membranes. They act simultaneously as structure as roof. The membranes are made of yarn fibrous with coating and protection additives and have an initial tensile stress. Characteristics as disassembly, translucency,

spatial appearance, symbolic evocation and possibility to be used as large spans made these structures a singular design solution.

As the membranes are thin surfaces, their characteristics are different from the traditional building materials. It's important for the design of this solution in tropical countries, like Brazil, the knowledge of thermal, daylighting and acoustics behaviors of these structures.

This paper describes a tensile structure study case in Vitória City, Brazil. For this paper some characteristics were considered as a research of the membranes and evaluation of the environmental aspects related to it, by a case study. The results from this research are theoretical and experimental basis for engineers, architects, students and professionals of civil construction.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, com base no conceito de desenvolvimento sustentável, a indústria da construção civil tem buscado implementar estratégias de modernização construtiva, o que demanda compreender o conceito de sustentabilidade no seu âmbito mais global. Segundo Liu (2004), o Comitê Mundial para o Desenvolvimento e Meio Ambiente definiu, em 1987, que desenvolvimento sustentável compreende suprir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das próximas gerações proverem à necessidade do seu tempo. Isto implica em consorciar fatores ambientais e econômicos com variáveis sociais, tanto para ações no longo prazo, como para resultados almejados no curto prazo.

No caso de ambientes construídos sustentáveis (p.ex., a arquitetura sustentável), destaca-se a eficiência energética e a produção de construções desmontáveis, mais duráveis, confortáveis e adaptáveis aos usuários, empregando recursos passíveis de reutilização futura.

A escolha da tecnologia a ser utilizada numa construção deve passar pela observação da sua adaptabilidade ao ambiente em que se insere. Nesse sentido, é importante ter em mente os desdobramentos sócio-ambientais que resultam de toda escolha e decisão no projeto, sendo questionáveis ambientes construídos ditos sustentáveis e ou ecológicos em que isso não é observado no processo de projeto, de construção e de uso. O uso de um determinado sistema construtivo no seu estado mais completo requer, de quem projeta e especifica, conhecê-lo e a seus subsistemas para, explorando as propriedades dos materiais, poder constituir formas espaciais diferenciadas e atender à razão maior a que a edificação deve se destinar: um ambiente construído sustentável e confortável para o usuário.

Nesse sentido, as estruturas de membrana tensionadas<sup>1</sup> (tensoestruturas) tornam-se um sistema construtivo de características peculiares, sendo relativamente novas<sup>2</sup> e muito empregadas como coberturas. Por estarem sendo estudadas há aproximadamente 50 anos, muitas pesquisas ainda são requeridas sobre esse assunto, especialmente quanto ao comportamento ambiental em países com semelhanças climáticas às do Brasil. Além disso, desmontabilidade e iluminação natural zenital são alguns aspectos das tensoestruturas valorizados na arquitetura sustentável.

Sob esse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar aspectos ambientais estudados qualitativa e quantitativa em uma tensoestrutura, para conhecer seu comportamento em climas como o da cidade de Vitória-ES, contribuindo-se, assim, para o estabelecimento de bases e recomendações projetuais para a concepção e a instalação de estruturas de membranas tensionadas em regiões de clima quente.

---

<sup>1</sup> As estruturas de membrana tensionadas empregadas como coberturas, são sistemas construtivos formados principalmente pela membrana estrutural. As membranas estruturais são mantas flexíveis, em geral de materiais sintéticos como o poliéster e a fibra de vidro e revestimentos em PVC e PTFE, que resistem aos esforços devido a sua forma, as suas características físicas e ao seu pré-tracionamento no processo de produção (Oliveira e Barbato, 2002).

<sup>2</sup> Considera-se que o efetivo estudo das tensoestruturas para a construção civil foi iniciado nos anos 50 por Frei Otto (Freitas, 2002).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Estruturas de Membrana Tensionadas

O histórico das tensoestruturas está atrelado ao desenvolvimento das tendas. Segundo Kronenburg (1995), em decorrência da Revolução Industrial passou a haver uma demanda por tendas grandes (abrigos militares e entretenimento de populações, como os circos) e por materiais de grande resistência, produzidos em massa e relativamente baratos.

Dois acontecimentos foram cruciais no desenvolvimento científico e arquitetônico das tensoestruturas: a fundação do Centro de Desenvolvimento de Construções Leves em Berlim, em 1957, pelo arquiteto e engenheiro Frei Otto, e a criação do Instituto de Estruturas Leves na Universidade de Stuttgart, em 1964 (ASCE, 1996).

Como resultado de avanços técnicos na tecnologia têxtil, há exemplos de construções de grande escala, com excelente resistência a incêndio e com expectativas de vida de vinte e cinco anos ou mais. Historicamente, a Arena de Raleigh, de 1952, repercutiu entre projetistas em todo o mundo. No Brasil, há poucos exemplares de tensoestruturas, mesmo com a referência marcante do Pavilhão de Exposições do Rio Grande do Sul e do Pavilhão de Exposições de São Paulo, projetado por Alberto Borges e Ricardo Costas Alliana em 1954 (Pauletti, 1999).

### 2.2 Comportamento Ambiental

Nakanishi e Schaly (1993) consideram conforto higrotérmico como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico, percebido pelo corpo como um todo. Segundo a ASHRAE, *apud* Lamberts *et al.* (1997), se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto higrotérmico.

Segundo Rivero (1986) a sensação de conforto térmico ocorre para temperaturas do ar na faixa de 20 a 28°C para uma atividade metabólica humana de 130W (valor aproximado para uma pessoa consumindo uma refeição), realizada supondo-se vestimenta com 0,8 clo, velocidade do ar abaixo de 0,2m/s, umidade relativa do ar entre 30 e 60% e que as temperaturas médias de radiação e do ar são iguais.

Para o ambiente construído em sistemas de tensoestruturas, sob o enfoque térmico, Freitas (2002) considera que nas tensoestruturas a transferência por condução não é relevante, a convecção será tão significativa quanto a relação entre as áreas da membrana e a construída, e que a radiação é o maior problema enfrentado nessas construções, podendo ocorrer condensação superficial quando há grandes diferenças de temperatura entre os ambientes interno e externo.

Em tensoestruturas, segundo Blum (2003), a transferência por radiação é uma variável que precisa ser apropriadamente resolvida, principalmente a radiação infravermelha. Esse autor tem estudado formas de alterar as propriedades da membrana em relação aos raios infravermelhos, porém sem exterminar o apelo da translucidez, tão desejado nesse sistema construtivo.

Em áreas externas, segundo Lamberts *et al.* (1997), a carta de Olgyay possui aplicabilidade efetiva.

No sentido de alcançar melhores desempenhos térmicos nas tensoestruturas em climas quentes, Freitas (2002) cita como princípios a se utilizar:

- aumento de espessura do material (desenvolvendo-se novos materiais);
- utilização de várias camadas de tecido, normalmente intercaladas com ar, criando-se “sanduíches” de ar para aumento da capacidade de isolamento térmico;
- associação de sistemas ativos e passivos de controle dos níveis de conforto;
- estudo crítico da arquitetura vernácula de um dado local para adaptar e transferir costumes locais a uma nova tecnologia, no caso das tensoestruturas.

Considerando-se que o homem é um ser totalmente dependente da luz, cerca de 70% da percepção humana é visual, conforto visual refere-se à condição a que a visão de uma pessoa fica sujeita na realização de uma atividade sem provocar danos ao seu sistema humano.

No intuito de se trabalhar a eficiência energética na arquitetura, as membranas aparecem como uma solução, por geralmente possuírem um índice de translucidez alto e facilitarem a iluminação zenital, podendo-se gerar condições de iluminação natural mais adequadas às funções das tensoestruturas.

Ruído pode ser entendido como todo som que não seja desejado pelo receptor, podendo causar acidentes de trabalho, danos psiquiátricos, jornadas de trabalho perdidas etc.

Nas tensoestruturas, as condições acústicas são determinadas pelas características da membrana, em termos de reflexão e absorção do som e da geometria e volumetria do espaço (Mollaert, 2002).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Local e objeto de estudo**

Um estudo de campo foi desenvolvido em Vitória, cidade litorânea do Brasil (lat. 20°19'S; long. 40°20'W).

O local em que se tornou possível realizar um estudo é um bar-restaurante: durante o dia funciona como restaurante self-service e à noite são servidos pratos a la carte e porções de churrasco. O espaço constitui-se de uma cobertura em estrutura tensionada e uma construção convencional anexa. O ambiente sob a tensoestrutura compreende as áreas destinadas aos clientes (consumo), ao caixa, ao bar e à churrasqueira - esta possui laje sobre a qual se estende o tensionado.

Formalmente, o tensionado em duplo conóide (Figura 1) é uma cobertura branca em lona de poliéster, marca Mehler Valmex FR 1000, modelo Mehatop F, Tipo III, referência 7269, trama 10,5mmx10,5mm e largura de rolo de 2,50m, suportada por uma estrutura em peças de eucalipto tratado, sendo usadas correntes como elementos para sua ancoragem. A cobertura abrange uma área de 187,60m<sup>2</sup> e tem pés-direitos máximo de 7,0m e médio de 4,5m. Os troncos de cones, alinhados no sentido longitudinal do terreno, apresentam um lanternim cônico nos ápices, feitos com a mesma lona, tendo 1,0m de diâmetro na base.



**Figura 1 - Vista da estrutura de membrana tensionada.**

#### **3.2 Procedimentos para o experimento**

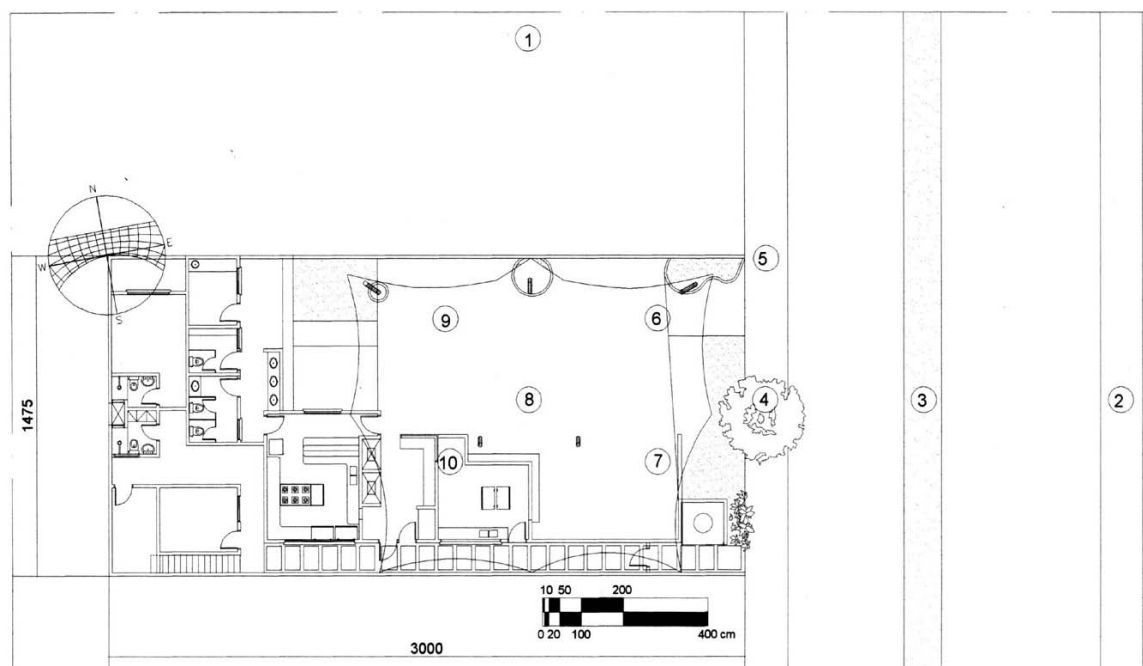
Para a cidade de Vitória, obtiveram-se os seguintes dados climatológicos (1961-1990): temperatura média de 21,7°C em julho e de 26,9°C em fevereiro; índice pluviométrico médio mínimo de 55mm (agosto) e médio máximo de 195mm (dezembro); média de horas de insolação mínima de 153h (outubro) e máxima de 230h (fevereiro).

Optou-se por trabalhar nas condições de verão do mês de fevereiro, por ser a época de maior temperatura média do ar e de maior tempo de insolação, sendo os levantamentos realizados no período de 26 de fevereiro a 02 de março de 2004, coletando-se dados das seguintes variáveis ambientais:

temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, velocidade e umidade relativa do ar, iluminância e níveis de ruído.

As medições foram feitas durante 6 dias, centradas nos seguintes horários legais: 6h, 9h30min, 12h30min, 15h30min, 18h30min, 21h e 23h (este apenas nos três primeiros dias). O último horário de medições foi previsto como o provável horário em que as temperaturas externa e interna se igualariam.

Ao todo foram estabelecidos dez pontos de medições (Figura 2), sendo 5 internos à cobertura e 5 em áreas lindeiras externas. As medições foram efetuadas numa altura aproximada de 1,15m, a qual corresponde a uma altura aproximada do rosto dos usuários sentados no restaurante.



**Figura 2 - Pontos de medição: restaurante Sombra do Mar.**

Nas medições das 12h30min e 21h, foi solicitado a clientes a participação em pesquisa qualitativa, referentes a sua satisfação no ambiente; esses horários foram informados pelos proprietários como os de maior afluência. O número de entrevistados dependeu da quantidade de frequentadores nos diferentes horários de cada dia da semana.

Os questionários, preferencialmente distribuídos por mesas alternadas, foram elaborados segundo metodologia de APO<sup>3</sup> e, também, com base em estudo de Inkarojrit (1998).

Em princípio, os valores seriam separados segundo as condições do céu e do sol avaliadas, porém, devido à grande variabilidade durante os dias de medição, isso não foi possível.

---

<sup>3</sup> APO "pode ser definida como uma avaliação retrospectiva, no sentido de repensar o projeto a partir da implantação e da utilização dos ambientes construídos; sendo adotada para diagnosticar e recomendar, segundo uma visão sistêmica e realimentadora, modificações e reformas no ambiente objeto da avaliação e para aprofundar o conhecimento sobre este ambiente, tendo-se em vista futuros projetos similares. É aplicada através de multimétodos e técnicas e leva em conta o ponto de vista dos especialistas/avaliadores e dos usuários dos ambientes, leigos ou não (Ornstein *et al.*, 1995)."

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Análise Quantitativa

De forma geral, interna e externamente à tensoestrutura, as distribuições de temperaturas do ar apresentaram perfis aproximados equivalentes em valor (Figura 3 a, b). No período das medições, os valores máximos foram verificados de 12h30min às 15h30min. A temperatura máxima média diária externa no período alcançou 33,6°C às 12h30min e 34,3°C às 15h30min e, na área interna, respectivamente, foi de 33,2°C e 32,4°C. As temperaturas mínimas médias diárias foram em torno das 6h da manhã, sendo de 23,4°C na área externa e de 23,1°C na área interna.

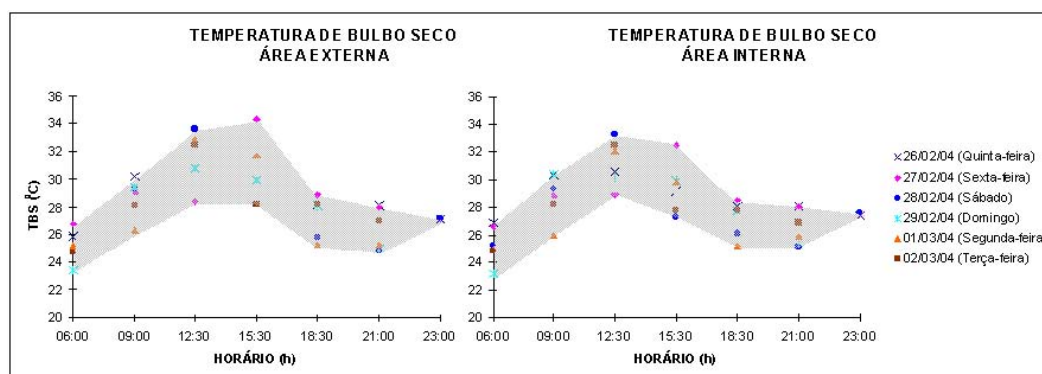


Figura 3 - Temperatura do ar: (a) área externa (b) área interna.

Quanto à umidade relativa do ar, as distribuições estão mostradas na Figura 4 a, b. Deve-se ressaltar que por volta de 9h da manhã o restaurante era lavado; no dia 26/02/04, entre 15h e 16h, o restaurante foi lavado também. As máximas umidades relativas externas foram 94% às 6h da manhã do dia 26/02/04 e 90% às 23h do dia 28/02/04. A mínima externa foi 54% no dia 27/02 na medição das 15h30min. Internamente a máxima foi de 94% no dia 28/02/04 às 23h e a mínima de 60% às 15h30min. É importante ressaltar que se o ambiente da estrutura tensionada fosse fechado, com restrições de troca de ar com o exterior, a presença de pessoas e o servir alimentos quentes modificariam a condição de umidade no ambiente.

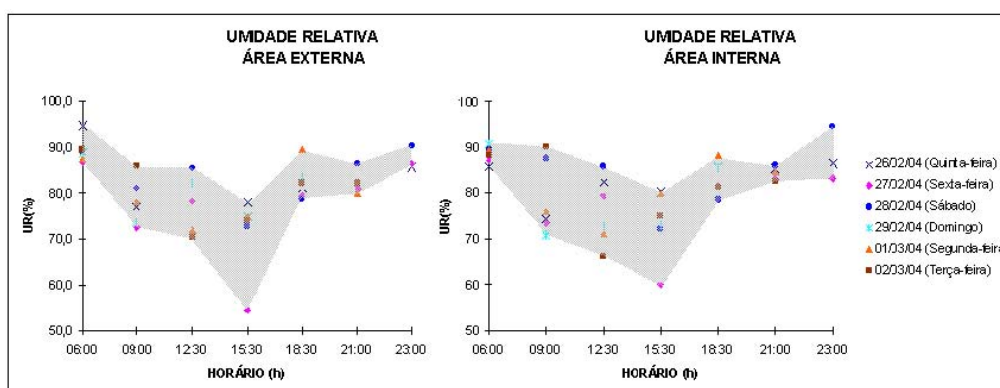


Figura 4 - Umidade relativa: (a) área externa (b) área interna.

Complementarmente a esses dados, e considerando-se os espaços estudados como semi-abertos, avaliou-se a condição de conforto higrotérmico com o auxílio da carta bioclimática de Olgay. Para isso, considerou-se a seguinte geração de calor no lugar onde cada cliente estava sentado na área de consumo do restaurante: 123W devidos ao metabolismo humano médio, mais 17W desprendidos dos alimentos servidos.

Analisando-se a Figura 5, observa-se que a combinação temperatura do ar acima de 26°C, umidade relativa superior a 70% e velocidade do ar abaixo de 0,2m/s, corresponde a uma situação de desconforto. No local estudado, no mínimo requer-se, para obtenção de condições de conforto higrotérmico, promover alguma condição de ventilação, principalmente até às 19h.

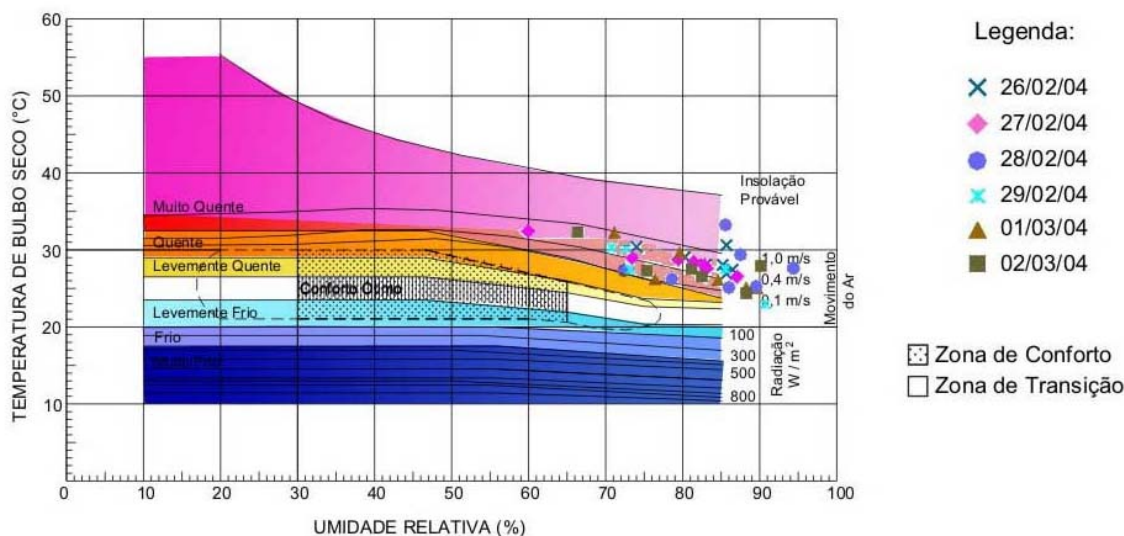


Figura 5 - Carta bioclimática de Olgay (adaptada de Antunes, 2003).

A Figura 6 a, b apresenta a iluminância média difusa externa e interna. Em média, a iluminância interna manteve uniformidade, apesar das variações de cobertura do céu e de encobrimento do sol. No ambiente interno, a iluminância alcançou máximas de 6,4klux nos horários de 9h e 12h30min. Segundo a norma brasileira NBR 5413/82, para pessoas com até 55 anos praticando tarefas que demandam velocidade e precisão médias, o mínimo requerido em restaurante é 150 lux. Apenas com a iluminação natural alcançaram-se médias muito maiores nos horários de maior concentração de atividades laborais e de presença de frequentadores. À noite, com iluminação artificial indireta nas áreas de refeição e balcão do caixa, alcançou-se uma média de 35 lux. Para o cliente que está numa situação de lazer, este valor é considerado agradável, visto que acima de 30 lux, já os satisfaria. Entretanto, para os funcionários do bar, os garçons e o atendente do caixa, é baixo, necessitando de implementações.

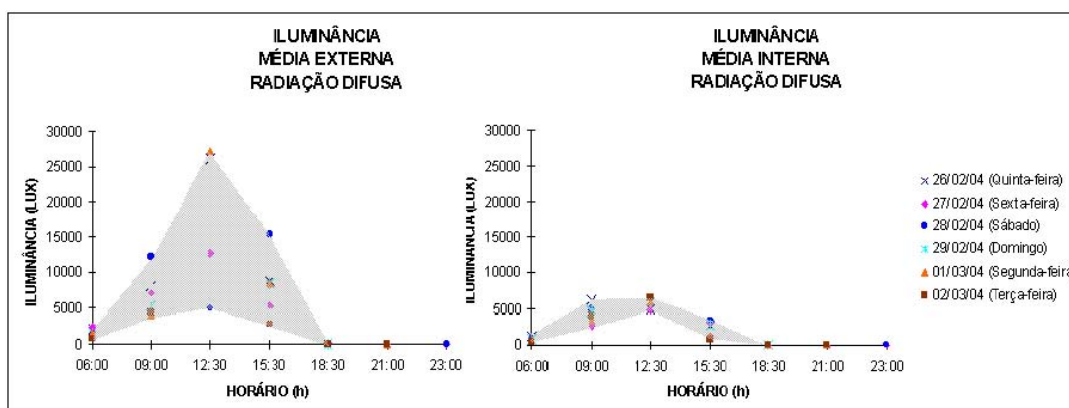


Figura 6 - Iluminação natural: (a) área externa (b) área interna.

Para análise da exposição acústica, descartaram-se valores que agregassem ruídos de aviões. Pela norma brasileira NBR 10152/97, é admissível até 50 dB(A), para restaurante; níveis superiores a esse

são considerados de desconforto. Pela norma brasileira NBR 10151/00, que trata da avaliação de ruído em áreas habitadas mistas predominantemente residenciais visando ao conforto da comunidade, consideram-se confortáveis para o período diurno valores até 55 dB(A) e noturno até 50 dB(A). Analisando-se a Figura 7 a, b, pode-se afirmar que apenas em alguns dias, no horário de 6h da manhã, o local atendia às normas de conforto. Do ponto de vista ocupacional, segundo a norma NHO-01 (Giampaoli et al., 1999), para as atividades usuais da jornada de trabalho (< 8 horas), o local não apresentou riscos de danos auditivos (sem proteção auditiva), para o nível de exposição normalizado - 85 dB(A), atingido eventualmente em períodos mais curtos de duração, em fins de semana; normalmente os valores ficaram entre 60 e 75 dB(A). Internamente, com o ambiente tendo maior ocupação no período noturno, observou-se conversação cada vez mais alta (tipo efeito coquetel), cada usuário buscando obter inteligibilidade (com grande número de pessoas conversando simultaneamente, elas eram geradoras e receptoras de ruído próprio).

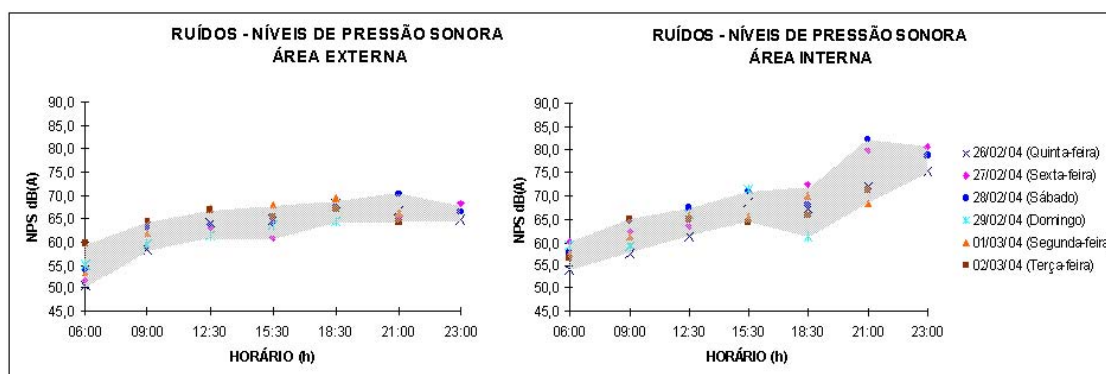


Figura 7 - Níveis de pressão sonora: (a) área externa (b) área interna.

## 4.2 Avaliação Qualitativa

A avaliação qualitativa foi realizada a partir de um questionário de satisfação aplicado aos usuários, nos períodos compreendidos de 12 às 14h (Almoço=Alm) e de 20 às 22h (Jantar=Jant).

A Tabela 1 resume os resultados percentuais das sensações expressas pelos clientes entrevistados, relativamente aos fatores ventilação, temperatura, iluminação e ruído.

Tabela 1 - Satisfação dos clientes (%), quanto aos fatores ambientais

Sensação	Fator	Ventilação		Temperatura		Iluminamento		Nível de ruído	
		Alm	Jant	Alm	Jant	Alm	Jant	Alm	Jant
intolerável		6,3	0	6,2	2,9	0	0	0	0
aceitável		37,5	8,8	46,9	20,6	9,4	11,7	18,8	44,1
confortável		18,8	17,6	21,9	11,8	21,9	35,3	34,4	20,6
agradável		28,1	43,9	28,2	47	50	32,3	28,1	29,4
muito confortável		15,7	17,6	0	20,6	21,9	20,6	18,8	5,8



## 5. CONCLUSÕES

A tecnologia de tensoestruturas é uma alternativa bastante interessante com vistas ao desenvolvimento de sistemas construtivos sustentáveis em regiões de clima tropical, como o Brasil. No estudo de caso realizado no período tipicamente mais quente do ano da cidade de Vitória-ES, concluiu-se que as variáveis avaliadas foram bastante similares, interna e externamente, em termos de perfis e valores. A tensoestrutura, implantada em terreno quase confinado, comportou-se como um “campo semi-aberto”.

Termicamente, face às características do projeto e do lote/terreno, ventila pouco nos horários mais quentes do dia, o que dificulta obter atualmente condições naturais adequadas de conforto no local. Pela análise detalhada do ambiente construído e das condições de exposição térmicas, pode-se inferir que o projeto não foi idealizado para atender as necessidades humanas de conforto higrotérmico, principalmente nas épocas mais quentes do ano, em particular para quem trabalha por várias horas no local. Em dias com probabilidade de a temperatura máxima superar 27°C, considerando-se a churrasqueira ligada, providências são necessárias para resolver o desconforto local, tanto para os clientes como para os trabalhadores. As atividades realizadas no local e as medições de temperatura e umidade relativa, analisadas na carta bioclimática de Olgyay, reforçam a condição úmida e quente do ambiente em todos os horários, demandando, por exemplo, movimentação de ar na faixa de 1,0m/s. Todavia o uso de meios ativos pode para melhorar a condição térmica pode acarretar problemas acústicos.

Quanto ao uso de luz, a iluminação artificial mostrou-se ineficiente à noite para a realização de atividades de trabalho, mas os clientes mostraram-se satisfeitos com a atmosfera de luz presente nos espaços em que estavam. Durante o dia, a iluminação natural atende muito bem às necessidades dos usuários, porém, há necessidade de dispositivos retráteis para minimizar o ofuscamento em dias de céu claro e sol descoberto.

Em termos acústicos, os níveis de pressão sonora estiveram acima do limite admissível pelas normas brasileiras, gerando desconforto para os clientes e a comunidade; por outro lado, do ponto de vista ocupacional (trabalhadores), os valores encontrados não superam os 85 dB(A), referência que indica que é muito baixo o risco de dano auditivo durante a jornada de trabalho. A alta refletividade sonora do material e o grande número de pessoas (aprox. 100) em determinados horários no local causam o efeito coquetel, fenômeno que dificulta a inteligibilidade na conversação.

A partir deste estudo, pode-se citar, de forma geral, para projetos de tensoestruturas, as seguintes recomendações:

- uso de múltiplas camadas de lona, formando um “sanduíche”, ou seja, intercaladas com ar ou materiais que criem um maior isolamento térmico, acústico e lumínico;
- atenção no projeto, incorporando soluções para implementar a ventilação natural, seja higiênica ou para conforto;
- uso de vegetação e de materiais mais absorventes nas superfícies externas, visando a reduzir o efeito coquetel;
- estudo do pé-direito adequado a cada projeto específico, em função do partido arquitetônico adotado, dos elementos estruturais, dos ventos e da incidência solar, das umidades relativas nos horários de uso e das condições e finalidade da ocupação.

Considerando-se o caso estudado, o conceito de desenvolvimento sustentável e a busca de estratégias de modernização pela indústria da construção civil, é necessário realçar a questão projetual de tensoestruturas quanto aos fatores ambientais. Nesse sentido, os projetos das estruturas tensionadas para climas quentes deveriam privilegiar espaços livres em seu entorno, preferencialmente vegetados, evitando-se, por exemplo, que sejam implantadas em locais confinados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, F. (2003). Efeito da vegetação no conforto ambiental interno em edifícios corporativos. Viçosa. 162 f. Dissertação de mestrado - Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa.
- ASCE. (1996). Tensioned fabric structures – a practical introduction. Edited by R.E Shaeffer. Danvers.
- BLUM, R. (2003). Acoustics and heat transfer in textile architecture. Disponível em: [http://www.tensinet.com/documents/working/Techtextil%202003\\_433\\_Blum.pdf](http://www.tensinet.com/documents/working/Techtextil%202003_433_Blum.pdf). Acesso em: 23/06/04.
- FREITAS, C. (2002). A tecnologia de membranas em tecido: estudo de uma arquitetura sustentável em zonas de clima tropical. In: 1º Simpósio Nacional Sobre Tensoestruturas. São Paulo. Livro de resumos.
- GIAMPAOLI, E. et al. (1999). Norma de Higiene Ocupacional – Procedimento Técnico: avaliação da exposição ocupacional ao ruído (NHO-01). São Paulo: Fundacentro.
- INKAROJIT, V. (1998). Transparency: Light, Heat, and Comfort. Washington. 24 f. (ARCH 600) – Department of Architecture, University of Washington.
- KRONENBURG, R. (1995). Houses in motion – the genesis, history and development of the portable building. London: Academy Editions.
- LAMBERTS, R. et al. (1997). Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW Editores, 188 p.
- LIU, K. (2004). Sustainable building envelope – garden roof system performance. In: RCI Building Envelope Symposium, New Orleans, L.A., Nov. 4-5, pp. 1-14.
- MOLLAERT, M. (2002) Environmental aspects in textile architecture. Tensinet, Vrije Univerteit Brussel. Disponível em: <http://www.tensinet.com/documents/enviromental/envaspectsprint.pdf>. Acesso em: 02/04/04.
- NAKANISHI, E.; SCHALY, I. (1993). Análise de conforto térmico do restaurante universitário da UFSC In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2º. Anais do 2º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Florianópolis: ANTAC, ABERGO, SOBRAC. p. 75-82.
- OLIVEIRA, M. et al. (2002). Estruturas de membrana: estado-da-arte e tendências do desenvolvimento. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE TENSO-ESTRUTURAS, 1º. Livro de resumos. São Paulo.
- ORNSTEIN, S. et al. (1995). Ambiente construído & comportamento: a avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental. São Paulo, Studio Nobel, FAUUSP, FUPAM.
- PAULETTI, R. (1999). Evolução das tensoestruturas – Primórdios das tensoestruturas & Evolução das pontes suspensas. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, SP, BT/PEF/9915, v. 3.
- RIVERO, R. (1986). Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores.