

69

a.obra.nasce

revista.de.arquitetura.e.urbanismo.da.universidade.fernando.pessoa

ficha técnica

Título

A OBRA NASCE
revista de Arquitetura e Urbanismo
da Universidade Fernando Pessoa
nº9, novembro de 2015

Edição

edições Universidade Fernando Pessoa
Praça 9 de Abril, 349 | 4249-004 Porto
Tlf. +351 225 071 300 | Fax. +351 225 508 269
edicoes@ufp.pt | www.ufp.pt

Direção

Álvaro Monteiro (Diretor da Faculdade de Ciência
e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa)

Conselho de Redação

Luis Pinto de Faria (Professor Associado na Universidade Fernando Pessoa)
Rui Leandro Maia (Professor Associado na Universidade Fernando Pessoa)

Coordenação Científica

Sara Sucena (Professora Auxiliar na Universidade Fernando Pessoa)

Conselho Científico

Antonella Violano (Facoltà di Architettura "Luigi Vanvitelli"
della Seconda Università degli Studi di Napoli)
Avelino Oliveira (Professor Auxiliar na Universidade Fernando Pessoa)
Clovis Ultramarí (Professor na Pontifícia Universidade Católica do Paraná)
Conceição Melo (Mestre em Projecto e Planeamento do Ambiente Urbano FRUP/FEUP)
João Castro Ferreira (Professor Auxiliar na Universidade Fernando Pessoa)
Luís Pinto de Faria (Professor Associado na Universidade Fernando Pessoa)
Paulo Castro Seixas (Professor Associado no IS CSP – Universidade de Lisboa)
Rui Leandro Maia (Professor Associado na Universidade Fernando Pessoa)
Sandra Treija (Vice-Dean of the Faculty of Architecture
and Urban Planning of Riga Technical University)
Sara Sucena (Professora Auxiliar na Universidade Fernando Pessoa)
Teresa Cáliz (Professora Auxiliar na Faculdade
de Arquitectura da Universidade do Porto)

Composição

Oficina Gráfica da Universidade Fernando Pessoa

ISSN

2183-427X

Reservados todos os direitos. Toda a reprodução ou transmissão, por qualquer forma, seja esta mecânica, electrónica, fotocópia, gravação ou qualquer outra, sem a prévia autorização escrita do autor e editor é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infractor.

Otimização de fachada no processo de projetar com recurso ao BIM – o bloco de internamento do Hospital Senhor do Bonfim

Pedro Santiago, ARQUITETO

Mestre Assistente, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa
Doutorando na Universidade Politécnica de Valência
psantiag@ufp.edu.pt

RESUMO

A fachada do edifício foi sempre alvo de investigação pelo arquiteto tanto por parâmetros técnicos como estéticos. Uma vez que assume um papel de destaque na relação com a envolvente, constituindo o interface entre o interior e o exterior, permite explorar e pesquisar o conceito de limite. É responsável pela perceção do objeto arquitetónico a partir da forma apresentada, dos materiais, do ritmo das aberturas e em alguns casos, da própria leitura dos espaços interiores. Um aspeto de extrema importância a acrescentar ao já exposto é a questão do conforto interior articulado com a necessidade energética do edifício, assumindo este elemento a responsabilidade de garantir grande parte do conforto térmico, acústico e visual. A investigação, neste caso, incidiu sobre a fachada de um edifício hospitalar, onde se considera que esse aspeto merece um cuidado especial pela parte do arquiteto. No caso do Hospital do Senhor do Bonfim, com recurso a programas BIM, testaram-se várias tipologias de fachada com o objetivo de conseguir uma otimização da solução que melhor responde à abordagem holística do problema fachada.

Palavras-chave

Fachada eficiente; Controlo térmico; Projeto sustentável; Sistemas Digitais sustentáveis; BIM sustentável

ABSTRACT

The building's facade has always been a target of research by the architect for both technical and aesthetic parameters. Since it plays an important role in the relationship with the surroundings, constituting the interface from interior to exterior, lets you explore and investigate the concept of limit. It is responsible for the perception of the architectural object from the presented form, materials, the pace of openings and in some cases, the very reading of the interior spaces. An extremely important aspect to add to the already exposed is the issue of interior comfort articulated with the energy needs of the building, in which this element takes the responsibility of ensuring much of the thermal, acoustic and visual comfort. The research in this case focused on the facade of a hospital building, where it is considered that this aspect requires special attention on the part of the architect. In the case of Hospital Senhor do Bonfim, using BIM programs, various facade types were tested in order to achieve an optimized solution that best responds to the holistic approach to the facade problem.

Keywords

Efficient facade; Thermal control; Sustainable design; Sustainable digital systems; Green BIM

1. INTRODUÇÃO

A investigação em arquitetura está muitas vezes implícita no próprio ato de projetar, na procura de soluções, de respostas a problemas colocados pelo local, pelo programa, pela função e por variáveis características de cada situação. Está também inerentemente articulada com o equilíbrio entre as condicionantes e a solução pretendida. A qualidade geral dos edifícios passa pela relação que estabelece com os utilizadores e com a envolvente, pretendendo-se tão positiva quanto possível sob aspetos formais, materiais, energéticos, de conforto, eficiência e de sustentabilidade. A articulação destes fatores é essencial e indissociável, uma vez que se influenciam mutuamente e cujo equilíbrio é indispensável.

Este artigo pretende refletir precisamente a investigação com recurso a ferramentas digitais como metodologia de projeto, permitindo ao arquiteto testar e comprovar, neste caso, soluções para a fachada de um edifício hospitalar, articulando as componentes atrás referidas, conjugando a técnica com o desenho, atingindo uma solução otimizada.

2. O EDIFÍCIO HOSPITALAR E A SUSTENTABILIDADE

Os edifícios hospitalares representam, no panorama do ambiente construído, uma das tipologias mais íntimas com o ser humano, uma vez que são desenhados para cuidar e curar, sendo essa a essência da sua existência. Situam-se numa posição única e privilegiada para integrar conceptual e formalmente os princípios arquitetónicos de integração do habitat gerado pelo homem com o seu próprio bem-estar. A saúde e a sustentabilidade não podem ser separadas uma vez que qualquer afastamento compromete o seu equilíbrio e como tal o seu resultado positivo.

Os edifícios podem e devem ser geradores e potenciadores dos resultados mais positivos de saúde humana, ambiental, social e económica. Refletindo esta mudança, as aspirações em relação ao desempenho da construção são maiores e mais complexas e desafiam-nos a imaginar o que poderá ser possível: edifícios como produtores de energia, luz, água e comida, em vez de consumidores; edifícios que conectam

as pessoas com a natureza em vez de as afastar e separar, edifícios construídos com materiais saudáveis em vez de recorrerem a químicos preocupantes e nocivos para a saúde, edifícios que, além de serem marcos culturais, criam condições favoráveis para a saúde. Em suma, os edifícios são encarados como intrínsecos ao metabolismo saudável e positivo dos ecossistemas que sustentam a vida.

Ironicamente, no entanto, enquanto as estruturas de saúde são os lugares onde as pessoas vivem alguns dos momentos mais íntimos das suas vidas, muitas vezes, as tecnologias impessoais e os ambientes internos insalubres desumanizam a que deveria ser a mais humanista das tipologias construtivas. A sua necessidade prodigiosa de recursos como energia, água, bens e serviços, a par da geração de enormes quantidades de resíduos criam impactes ambientais prejudiciais que comprometem a saúde pública. [Capo-longo *et al*, 2015]

Alguns destes efeitos podem ser minimizados pelo arquiteto ainda na fase de projeto. A questão da energia e da iluminação dependem em grande parte da fachada do edifício. Representam elementos que podem minimizar a emissão de elementos poluentes contribuindo para um edifício mais eficiente e integrado no ecossistema, com menores necessidades de elementos mecânicos para a sua climatização e iluminação artificial.

*Ao longo do tempo, o conceito do que a saúde é tem alargado. Hoje, considera-se ser mais do que apenas a presença ou a ausência de doença. Inclui o bem estar geral do indivíduo...*¹ [Lopez, 2012, p. 30]

A arquitetura hospitalar tem uma longa história paralela à da própria medicina. Por exemplo, durante a época em que a tuberculose era uma ameaça à saúde, o projeto de sanatórios tinha como grande foco e centrava-se essencialmente no acesso a ar fresco pelos pacientes enquanto os protegia dos elementos naturais exteriores. O nosso conhecimento da doença foi aprofundado, a compreensão de como o ambiente dos hospitais pode influenciar a saúde mudou e a importância do projeto e desenho das unidades de saúde aumentou. Dada a enorme quantidade de dados que são gerados pelo sistema de saúde, os resultados po-

dem ser cuidadosamente analisados e confrontados com as várias entradas ambientais. Esta situação vai informando o estado da arte do projeto de unidades de cuidados de saúde. (Lopez, 2012)

A questão da qualidade do ar está em grande medida articulada com os sistemas de climatização do edifício, uma vez que os sistemas de AVAC operam a partir do aquecimento e arrefecimento do volume de ar dos compartimentos. A renovação dessas mesmas massas de ar representa sempre gastos energéticos, sendo que o ar novo é insuflado a partir do exterior e raramente se encontra à temperatura desejada, tendo que passar por um processo de afinação térmica.

Os sistemas passivos permitem que as necessidades de climatização sejam em grande parte reduzidas, contribuindo para manter a temperatura do compartimento sem recurso a sistemas mecânicos. Uma boa gestão das fontes de insuflação de ar novo pode também minimizar em grande medida as necessidades de aquecimento e arrefecimento.

*O desempenho energético de um edifício depende da sua concepção. A sua volumetria e orientação, materiais, sistemas construtivos, fachada e eficiência hídrica, bem como o aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) e sistemas de iluminação determinam a sua eficiência energética.*² (Council, 2009, p. 240)

3. A IMPORTÂNCIA DO ELEMENTO FACHADA

Como elemento de transição entre interior e exterior, entre o edifício e o espaço envolvente, a fachada assume uma especial importância. Em primeiro lugar, oferece proteção contra o exterior, demarca o limite e cria privacidade. A sua componente estética e cultural é de igual importância, conseguindo moldar a imagem da cidade, sendo o componente de maior destaque do edifício. (Schittich, 2001)

No entanto, nem sempre é fácil gerir a barreira entre a pele útil e a ornamentada, entre os aspetos técnicos e artísticos, entre o *Utilitas* e a *Venustas* de Vitúvio. A exigência técnica é cada vez mais elevada, condicionando muitas vezes o resultado final.

É importante para o processo e metodologia de projeto, que o arquiteto, desde as primeiras fases, incorpore e considere as questões técnicas como elementos do ato de pensar, evitando a frustração das alterações e do compromisso das primeiras ideias e conceitos. As ferramentas utilizadas nas várias fases de projeto permitem testar as soluções pretendidas resultando na melhor solução final.

Na fase de ante-projeto, de acordo com o “vitruvio verde” e em relação aos alçados deve-se:

Considerar as proporções entre os envidraçados e as superfícies opacas da fachada, tendo em vista a distribuição da luz natural, o aquecimento e o arrefecimento passivos. Controlar o encaçamento e o sobreaquecimento, especialmente nas fachadas a oeste e a leste; [...]. (Brophy et al., 2001, p.16)

No caso do equipamento hospitalar, dada a dimensão do edifício, não tomar em consideração estes fatores pode ter impactos negativos no projeto na fase de coordenação de especialidades, nomeadamente nos projetos de climatização e iluminação. Na fase de utilização poderá significar um gasto necessário e um menor conforto visual interior.

A iluminação natural envolve um cuidadoso equilíbrio de ganhos e perdas de calor, controlo de brilho, qualidade visual, e as variações na disponibilidade de luz natural. O recurso a dispositivos de sombreamento, palas, pátios, átrios e o tipo de vidro são estratégias utilizadas no projeto de iluminação natural. Algumas considerações importantes incluem orientação, o tamanho da janela e o espaçamento, a selecção do vidro, a refletância de acabamentos interiores, e os locais das paredes interiores.³ (Council, 2009, p. 552)

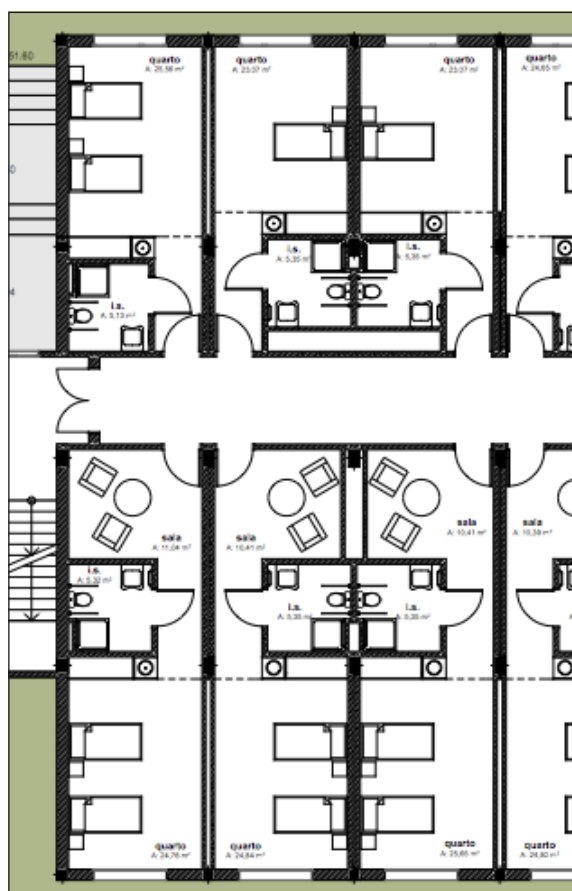
A fachada deve garantir, no inverno, o conforto do clima interior e no verão, prevenir o excesso de luz direta e o encaçamento. Deve permitir o máximo de iluminação natural controlada e filtrada, que por vezes significa uma situação de conflito com os ganhos passivos diretos. O objetivo de desenvolver um conceito de fachada é o encontro do compromisso ideal entre as várias exigências para as diferentes utilizações e localizações. (Hausladen et al, 2005)

O software de modelação foi o Archicad e o utilizado para cálculo energético foi o EcoDesigner Star calibrado de acordo com as normas ASHRAE.

Uma vez que a modulação dos quartos não sofre alterações o método utilizado foi o da "caixa", em que se recorre a um modelo de teste isolado, ou seja, a um único módulo, permitindo acelerar o tempo de cálculo e minorar a possibilidade de erro pela simplificação.

Na figura 2 podemos ver o módulo de quarto orientado a Sul que serviu de padrão de verificação, cálculo, teste e estudo. Consiste numa área de internamento com capacidade para dois pacientes, uma instalação sanitária preparada para pessoas com mobilidade condicionada e uma pequena sala onde as visitas podem conviver com os pacientes num ambiente de maior privacidade.

Figura 3 - Planta tipo do quarto do edifício de internamento

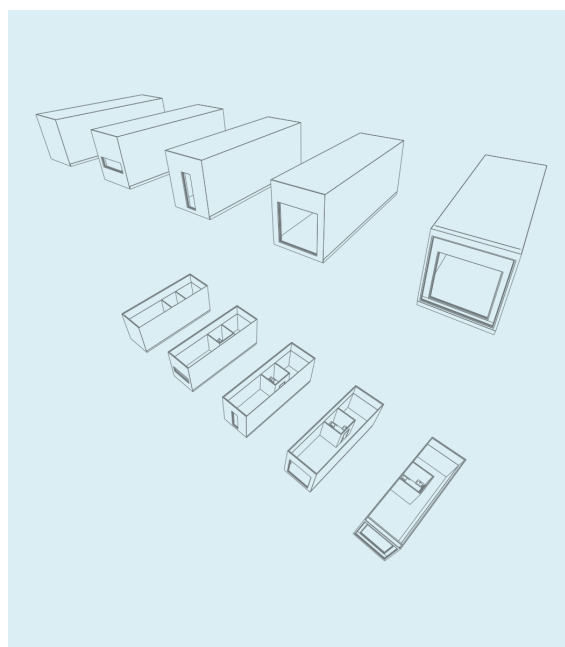


Fonte: Autor

A modelação foi efetuada para 5 situações distintas conforme as imagens 3 e 4:

1. base e referência
2. solução 1 com um vão de 3m de comprimento por 1m de altura
3. solução 2 com um vão de 1m de comprimento por 3m de altura
4. solução 3 com um vão de 3m de comprimento por 3m de altura
5. solução 4 com uma fachada cortina e um vão de 3m de comprimento por 3m de altura

Figura 4 - Perspetivas dos modelos sujeitos a análise



Fonte: Autor

Todas as soluções foram testadas nos dois quadrantes.

Para o sistema de "caixa" funcionar não foram considerados vãos exteriores para além do alvo de estudo. A zona de internamento, sala de receção e corredor de acesso à instalação sanitária correspondem a um único volume de ar, pelo que representam uma zona com o volume de 110 m³. A instalação sanitária encontra-se conformada por paredes de gesso cartonado com isolamento térmico e acústico na caixa de ar. A presença de um vão interior que une os dois

Figura 6 - Seções tipo de quarto e solução de fachada dos modelos sujeitos a análise

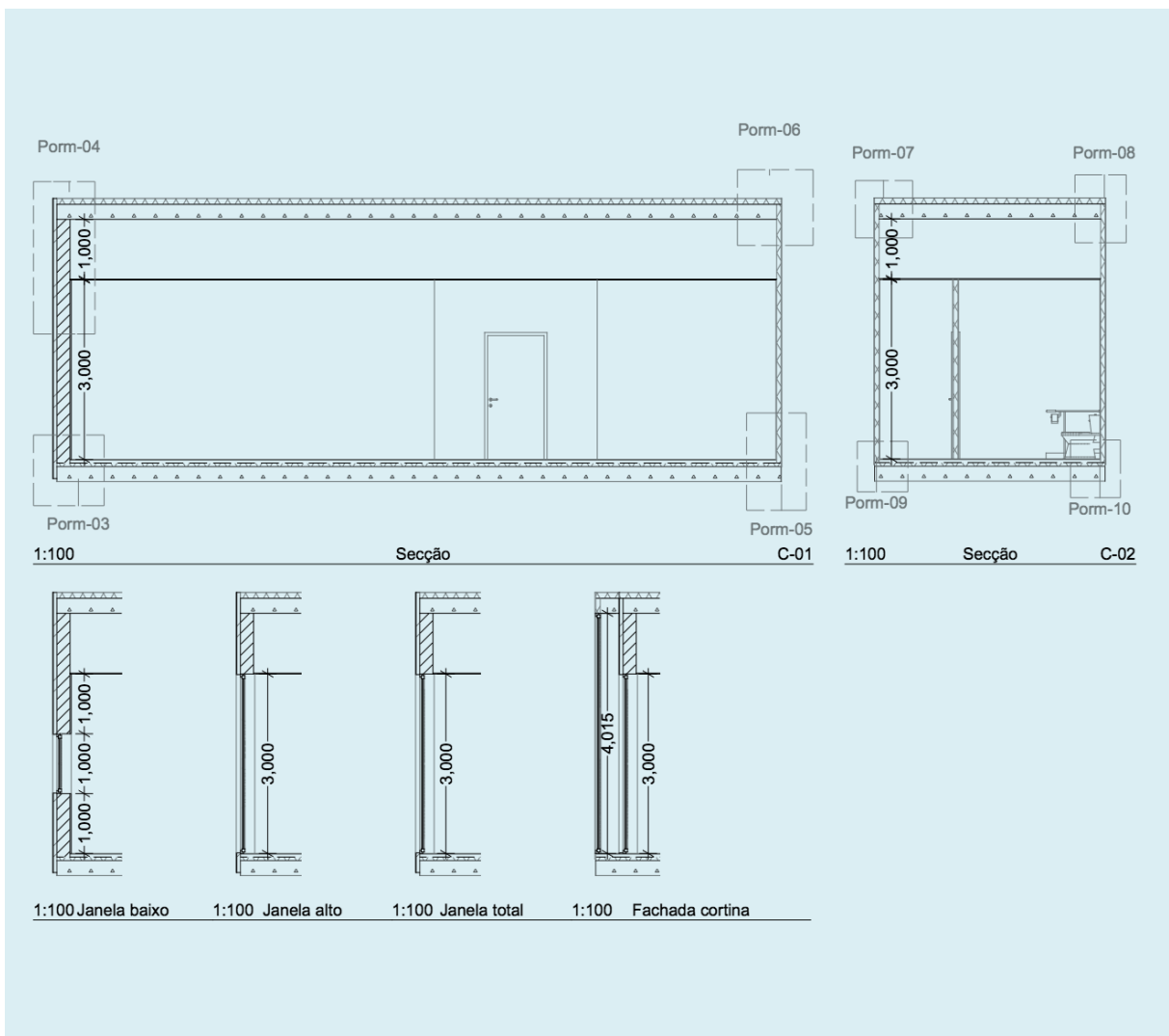
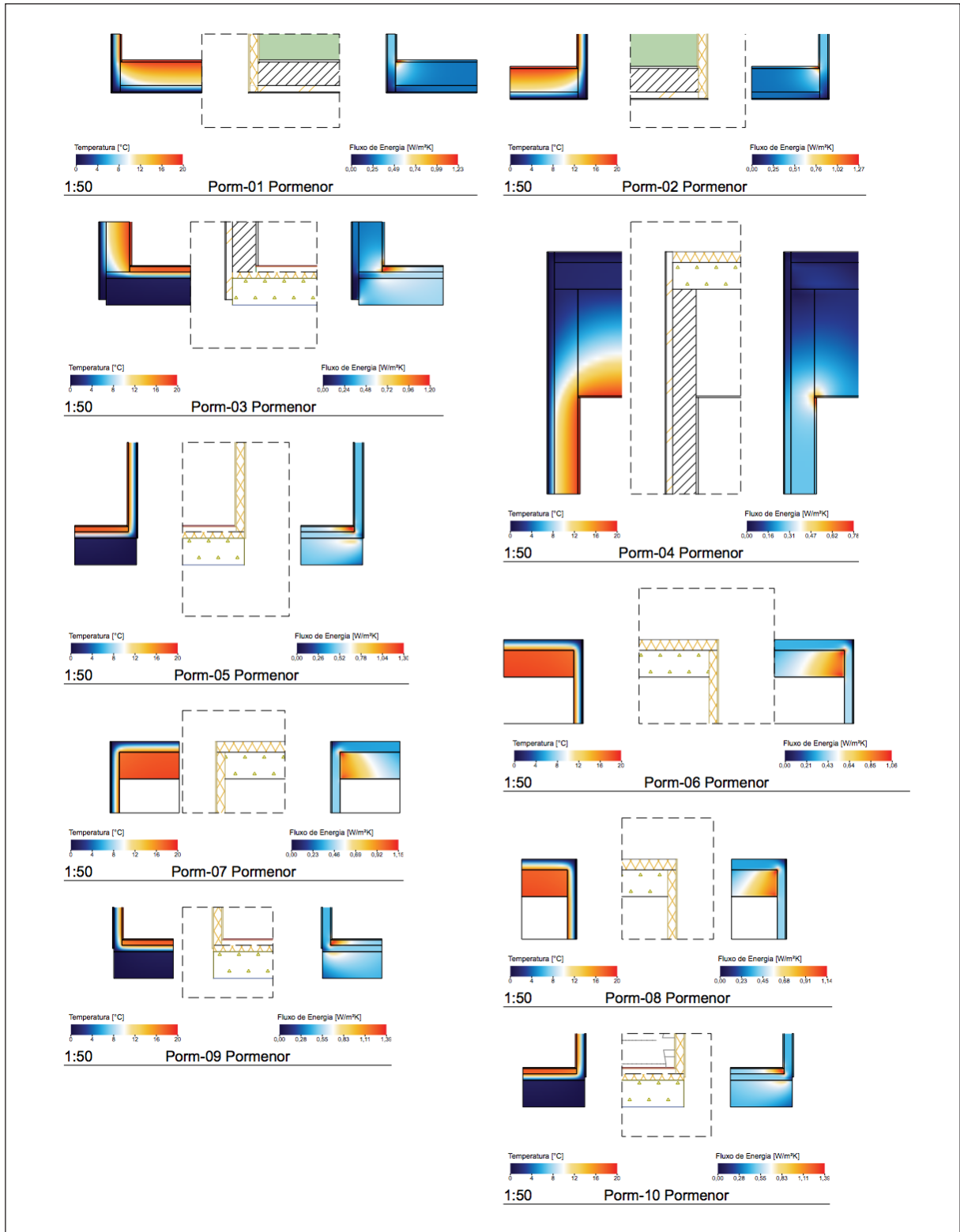


Figura 7 – Correção de pontes térmicas



5. DADOS CLIMÁTICOS

Foram introduzidos no EcoDesigner Star os dados do projeto através de coordenadas de localização, a partir das quais é possível, com recurso ao servidor Strusoft, obter a informação climática.

Figura 8 - Localização

Fonte: Autor

Após este passo, o servidor permite consultar dados anuais, mensais, semanais e diários sobre o clima em questão nomeadamente temperatura do ar, humidade relativa, radiação

solar e velocidade do vento. Tratando-se de um terreno bastante elevado, sobre a envolvente não foram considerados quaisquer tipos de proteções ao vento e ao sol.

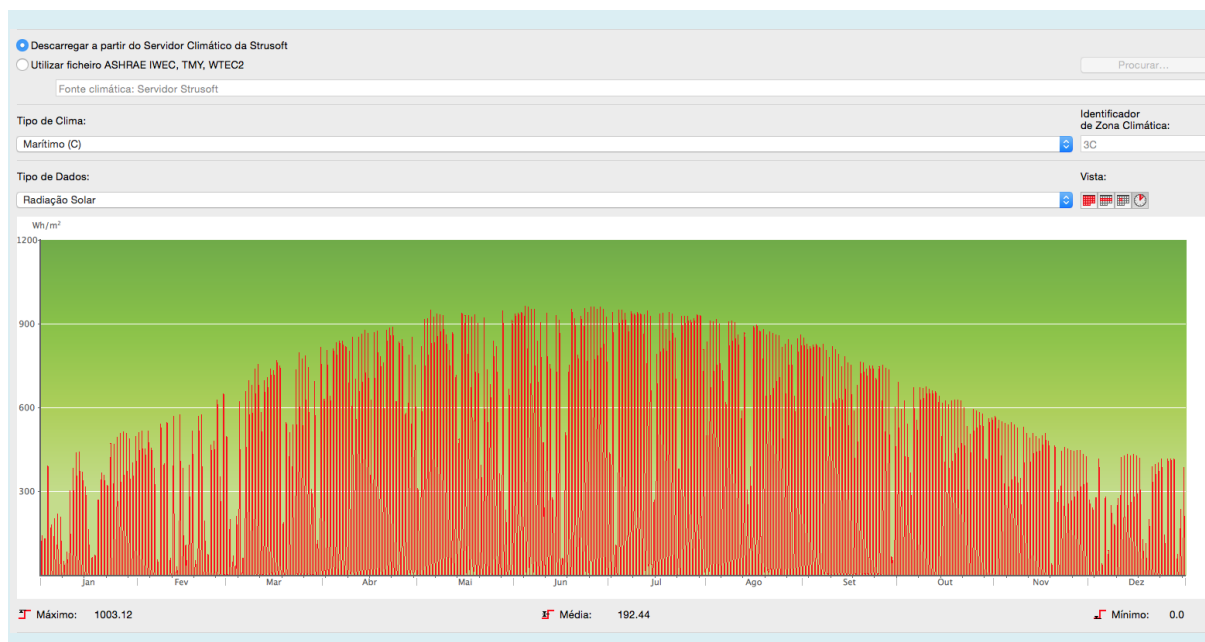
Pode-se verificar na figura 9 que a radiação solar apresenta valores, durante praticamente todo o ano, acima dos 300 Wh/m², chegando nos meses de Maio, Junho e Julho acima dos 900 Wh/m². O servidor considera a quantidade de dias nublados anualmente.

Nas figuras 10 e 11, relativas à velocidade do vento, pode-se constatar que os ventos dominantes são do quadrante Sul e Oeste, chegando a atingir os 16m/s, o que representa uma pressão considerável sobre a fachada.

A figura 12 permite constatar que a humidade relativa é muito elevada. Este dado é muito importante uma vez que a sensação de conforto depende em grande parte deste fator.

Os dados climáticos relativos à temperatura, presentes na figura 13, apresentam valores mínimos próximos dos 0° e máximos a ultrapassar os 30, representando uma amplitude térmica considerável e uma média anual de 14,58°C.

Figura 9 - Radiação solar



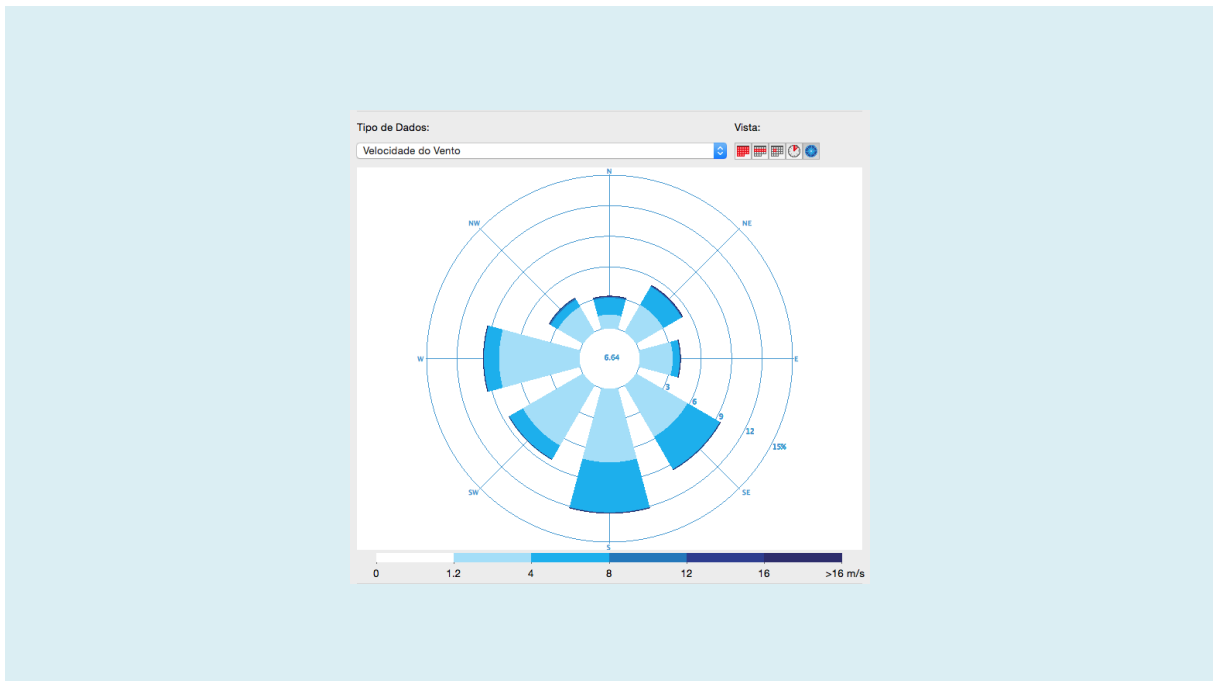
Fonte: Autor

Figura 10 – Velocidade do vento



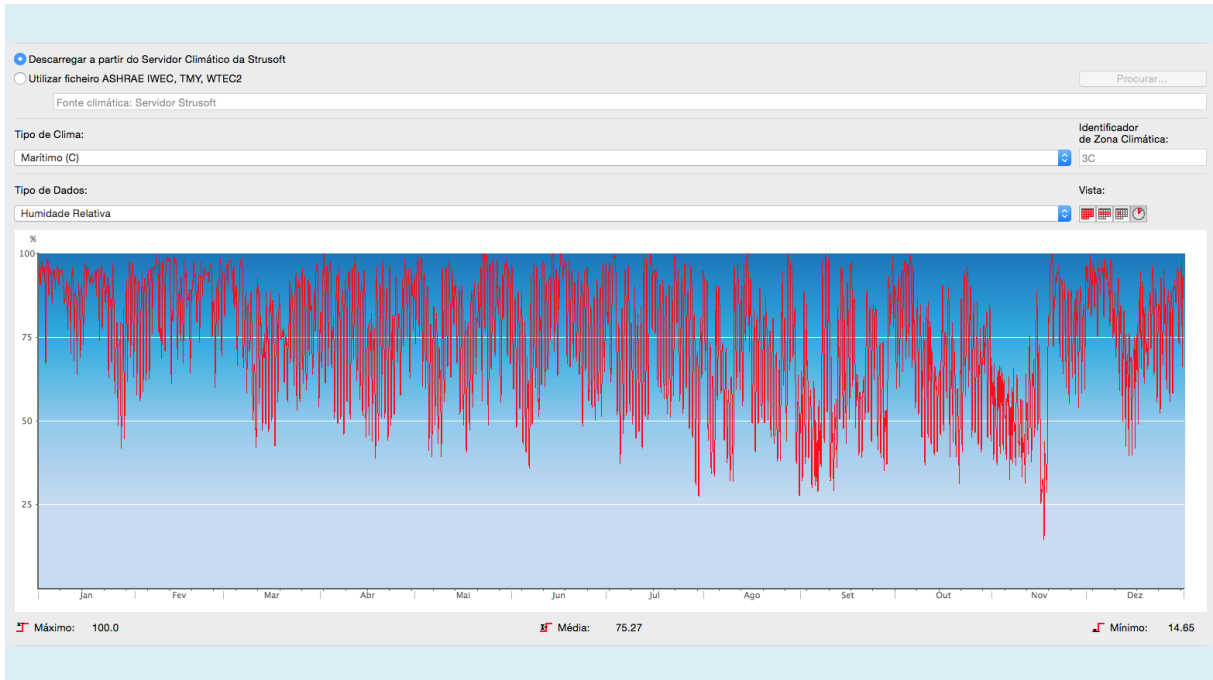
Fonte: Autor

Figura 11 – Rosa dos ventos



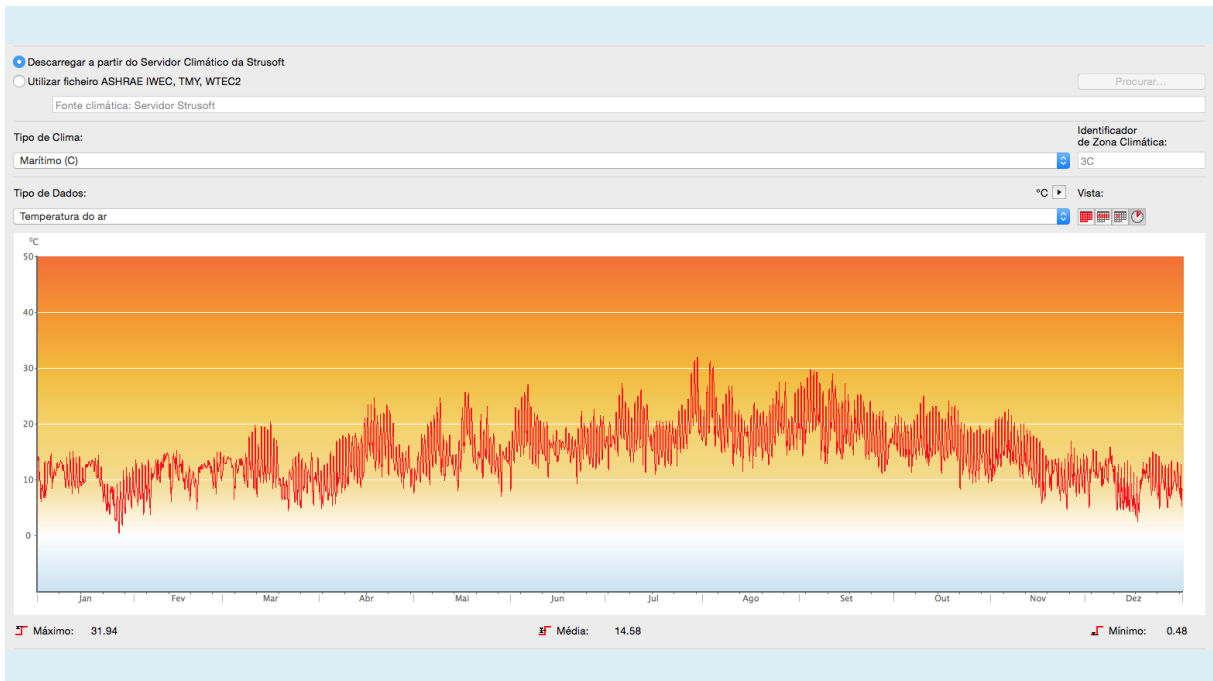
Fonte: Autor

Figura 12 – Humidade relativa



Fonte: Autor

Figura 13 – Temperatura do ar



Fonte: Autor

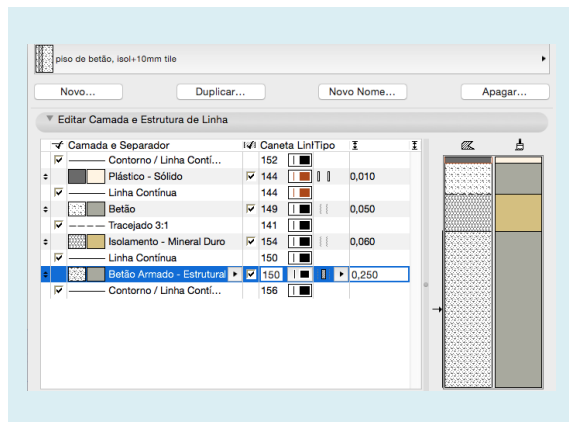
6. DADOS CONSTRUTIVOS

O módulo foi modelado em Archicad com características construtivas da envolvente fiéis ao sistema construtivo a adotar. A laje é constituída por 25cm de betão maciço com isolamento térmico de 6cm, camada de regularização de 5cm e acabamento vinílico, conforme se pode verificar na figura 14. Este sistema apresenta um valor U de 0,54 W/m²K.

A parede correspondente à fachada é constituída por um sistema de isolamento pelo exterior rebocado cujo suporte é um bloco térmico de leca rebocado pelo interior, conforme figura 16. Este sistema apresenta um valor U de 0,26 W/m²K.

A cobertura consiste numa laje de betão de 25cm isolada superiormente, em suporte de um tecto falso em gesso cartonado com uma caixa de ar de 1m de altura, conforme figura 18. Este sistema apresenta um valor U de 0,10 W/m²K.

Figura 14 – Constituição do piso



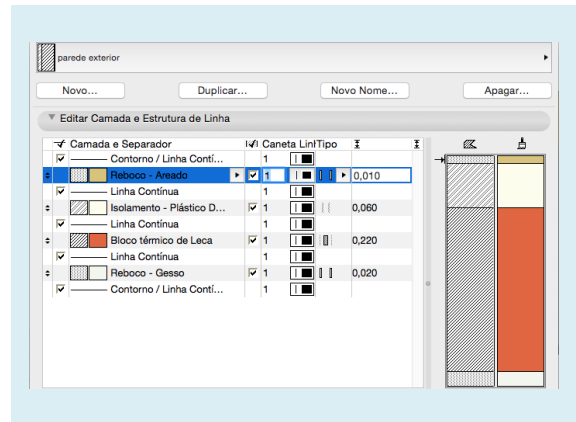
Fonte: Autor

Figura 15 – Características da laje de piso

Categoria	Pavimento (em ou acima nível)
Bloco Térmico	001 Bloco térmico quarto interior
Nome	piso de betão, isol+10mm tile
Área	24,21 m ²
Espessura	0,370 m
Valor U	0,54 W/m ² K

Fonte: Autor

Figura 16 – Constituição da parede exterior



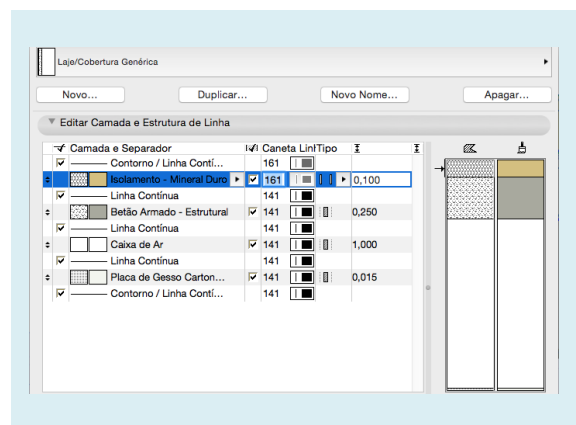
Fonte: Autor

Figura 17 – Características da parede exterior

Nome	parede exterior
Área	11,04 m ²
Espessura	0,310 m
Valor U	0,26 W/m ² K
Infiltração	1,10 l/sm ²
Absorvência Solar	85,00 %

Fonte: Autor

Figura 18 – Constituição da laje superior



Fonte: Autor

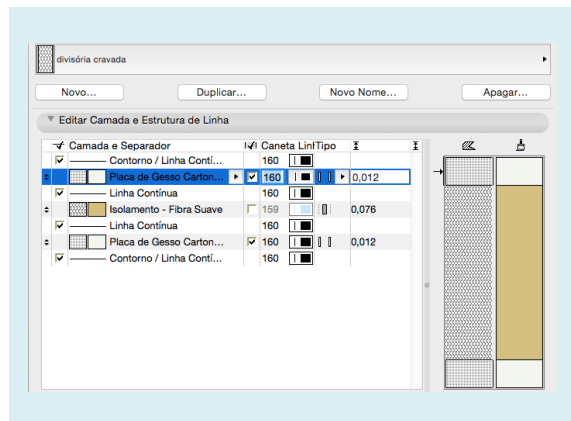
Figura 19 – Características da laje superior

Nome	Laje/Cobertura Genérica
Área	36,67 m ²
Espessura	1,365 m
Valor U	0,10 W/m ² K
Infiltração	1,10 l/sm ²
Absorvência Solar	85,00 %

Fonte: Autor

As paredes laterais e interiores são constituídas por gesso cartonado como acabamento com isolamento térmico e acústico pelo interior, conforme figura 20. Este sistema apresenta um valor U de 0,43 W/m²K.

Figura 20 – Constituição das paredes interiores



Fonte: Autor

Figura 21 – Características das paredes interiores

Nome	divisória cravada
Área	35,36 m ²
Espessura	0,100 m
Valor U	0,43 W/m ² K
Infiltração	1,10 l/sm ²
Absorvência Solar	0,00 %

Fonte: Autor

Para os vãos envidraçados foram considerados caixilhos metálicos em alumínio com corte térmico correspondente à nomenclatura "premium" e um vidro duplo sem qualquer fator solar, conforme se pode verificar na figura 22. Este sistema apresenta um valor U de 2,05 W/m²K.

Figura 22 – Características dos vãos envidraçados

Tipo	Valor U[W/m ² K]	TST %	DST %
Envidraçado - duplo - básico			
Envidraçado - duplo - standard			
Trama de ar - nítido	1,7000	77,0000	61,0000
Tipo	Valor U[W/m ² K]	Valor-psi...	Infiltração [l/sm]
Moldura - madeira			
Moldura - plástico			
Moldura - metal			
Apo - básica	7,2500	0,6100	2,6900
Alumínio - básica	3,8200	0,3400	1,3800
Alumínio - standard	2,4200	0,1800	0,6700
Alumínio - premium	1,8600	0,1300	0,2300

Fonte: Autor

Figura 23 – Características das paredes interiores

Tipo	Janela
Orientação	Sul
Bloco Térmico	001 Bloco térmico quarto interior
Área opaca	0,58 m ²
Área envidraçada	2,42 m ²
Área total	3,00 m ²
A abrir Catálogo...	
Transmitância Solar Total	77,00 %
Transmitância Solar Directa	61,00 %
Análise Solar	✓ Abrir Análise...
Perímetro	7,400 m
Opaco Valor U	1,86 W/m ² K
Envidraçado Valor U	1,70 W/m ² K
Global Valor U	2,05 W/m ² K
Valor-Psi de Perímetro	0,13 W/mK
Infiltração	0,23 l/sm
Sombreamento	Nenhum

Fonte: Autor

No caso da fachada cortina o caixilho é standard e, por questões de economia, integração do edifício na envolvente e do próprio sistema construtivo da fachada, o vidro é simples e colorido, resultando nas características apresentadas na figura 24. Este sistema apresenta um valor U de 5,72 W/m²K.

Figura 24 – Características da fachada cortina

Tipo	Valor U[W/m ² K]	TST %	DST %
Envidraçado - simples			
Nítido	5,8000	87,0000	76,0000
Colorido	5,8000	84,0000	52,0000
Tipo	Valor U[W/m ² K]	Valor-psi...	Infiltração [l/sm]
Moldura - madeira			
Moldura - plástico			
Moldura - metal			
Apo - básica	7,2500	0,6100	2,6900
Alumínio - básica	3,8200	0,3400	1,3800
Alumínio - standard	2,4200	0,1800	0,6700

Fonte: Autor

Figura 25 – Características da fachada cortina

Tipo	Janela
Orientação	Sul
Bloco Térmico	001 Bloco Térmico fachada cortina
Área opaca	1,13 m ²
Área envidraçada	13,49 m ²
Área total	14,61 m ²
A abrir Catálogo...	
Transmitância Solar Total	64,00 %
Transmitância Solar Directa	52,00 %
Análise Solar	✓ Abrir Análise...
Perímetro	14,710 m
Opaco Valor U	2,42 W/m ² K
Envidraçado Valor U	5,80 W/m ² K
Global Valor U	5,72 W/m ² K
Valor-Psi de Perímetro	0,16 W/mK
Infiltração	0,67 l/sm
Sombreamento	Nenhum

Fonte: Autor

7. DADOS DE OCUPAÇÃO

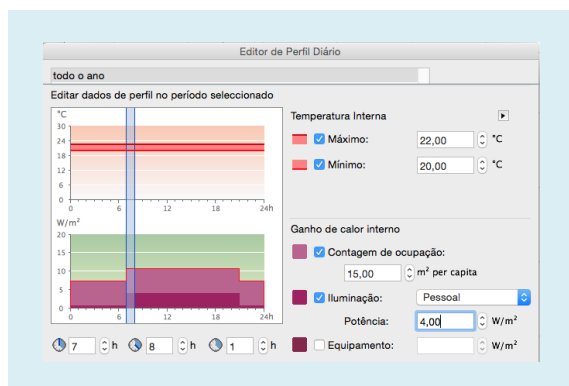
Para o cálculo térmico é necessário definir a ocupação do espaço que obedece a características distintas de acordo com o tipo de necessidade em relação a fatores de temperatura, iluminação e tempo de ocupação.

*A forma como os edifícios são utilizados, no entanto, representa, de longe, a maior contribuição para o consumo. Necessitam de aquecimento e / ou de arrefecimento, [...]. Todos estes fatores adicionam ao componente de custo de eficiência. Em princípio, há duas estratégias para limitar estes fatores. Uma pode ser chamada 'simbiose' [...] A segunda é a auto-suficiência, minimizando a entrada de energia [...]*⁵ (Hinte et al., 2003, p. 97)

Neste caso, tratando-se de uma unidade de internamento com uma instalação sanitária, foram considerados dois perfis de ocupação distintos para cada um dos espaços.

No caso do quarto foi considerada uma ocupação anual total, com uma variação de temperatura máxima de 2°C entre os 22°C de temperatura máxima e os 20°C de temperatura mínima ao longo de 24 horas. Considerou-se uma variação de iluminação entre o período de dia definido entre as 7h e as 21h.

Figura 26 – Perfil de utilização do quarto



Fonte: Autor

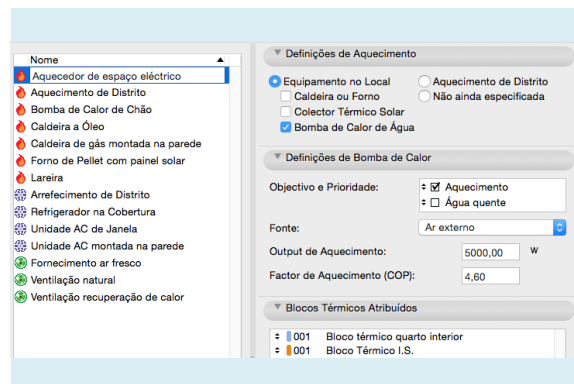
No caso da instalação sanitária foi considerado um perfil de temperatura idêntico ao anterior e variação de iluminação.

Uma vez que a fachada define um espaço que é considerado para fator de cálculo, foi necessário atribuir um perfil “não-condicionado”, uma vez que não é habitado, logo, sem necessidade de climatização nem ganhos por fatores humanos ou de iluminação.

8. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Os sistemas de climatização foram separados por unidades de arrefecimento, aquecimento e ventilação, todas baseadas em energia elétrica sem apoio de fontes renováveis. A escolha energética teve relação com o sistema de AVAC que irá ocupar o edifício cuja fonte primária é precisamente a electricidade, o que permite uma maior aproximação à realidade. Assim, o sistema de aquecimento consiste numa bomba de calor água/ar de 5000w de potência com um fator de aquecimento de 4,6.

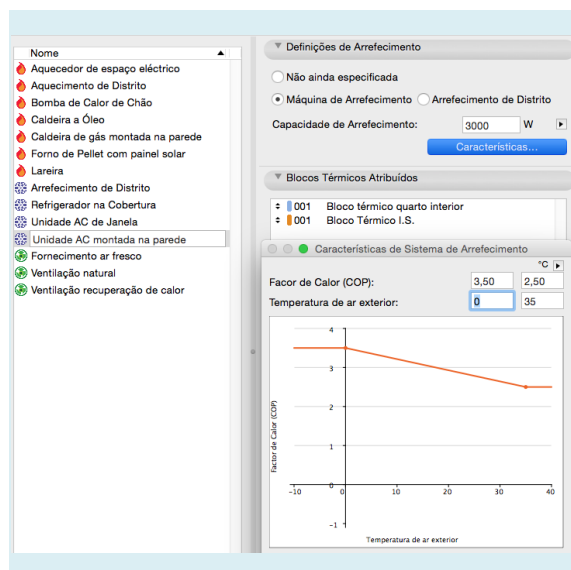
Figura 27 – Dados da bomba de calor



Fonte: Autor

O sistema de arrefecimento consiste numa unidade de ar condicionado de 3000w com fator de calor entre 3,5 para 0°C de temperatura exterior e 2,5 para 35°C de temperatura exterior.

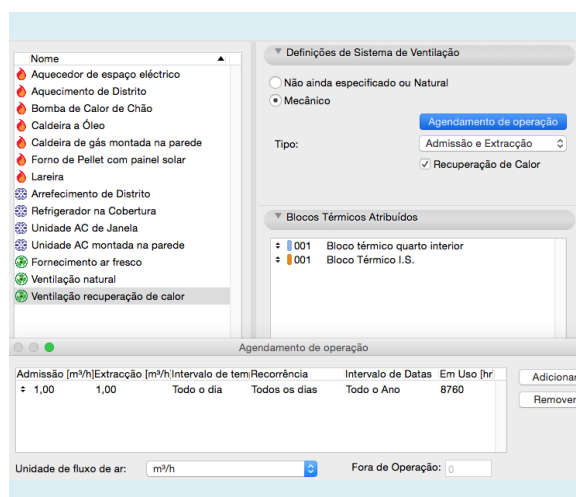
Figura 28 – Dados da unidade de ar condicionado



Fonte: Autor

O sistema de ventilação consiste numa unidade com recuperação de calor, sistema semelhante ao das UTAs utilizadas neste tipo de equipamento. Foi considerada ventilação natural para o espaço da fachada cortina.

Figura 29 – Dados da unidade de ventilação



Fonte: Autor

Apesar de não ser um sistema de climatização e renovação de ar exatamente idêntico ao utilizado no edifício, permite estabelecer parâmetros de comparação entre as várias soluções de fachada.

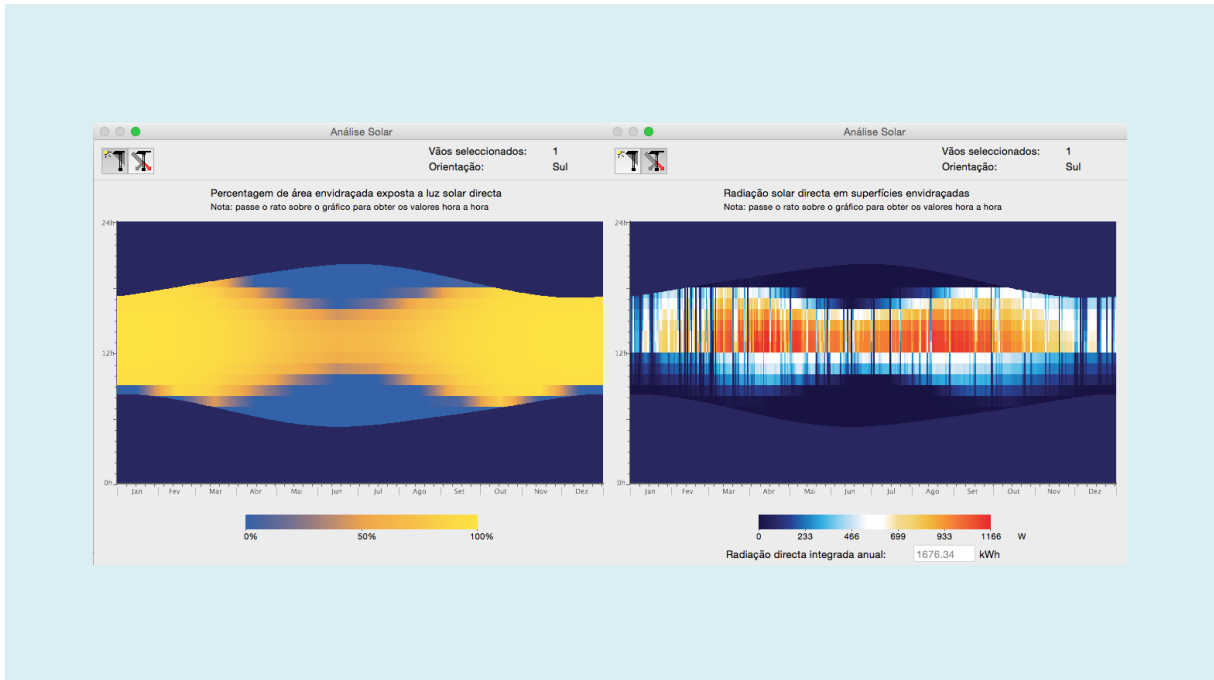
9. ANÁLISE COMPARATIVA DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS

Os vãos voltados para o quadrante sul apresentam, dependendo da sua área e geometria, diferentes comportamentos perante a incidência de luz natural, existindo sempre uma relação entre a quantidade de luz e calor que penetram nos espaços interiores. Assim, as soluções da janela ao baixo e ao alto com a mesma dimensão permitem soluções de iluminação semelhantes conforme figuras 30 e 31.

Apesar da diferença ser muito ténue, a capacidade de captação passiva de calor significa 1676,34 KWh para a solução horizontal e 1756,11 KWh para a solução vertical. No caso das soluções de vão total e fachada cortina a distância entre os valores é mais significativa, tanto entre si como comparada com as soluções anteriores, conforme se pode verificar nas figuras 32 e 33.

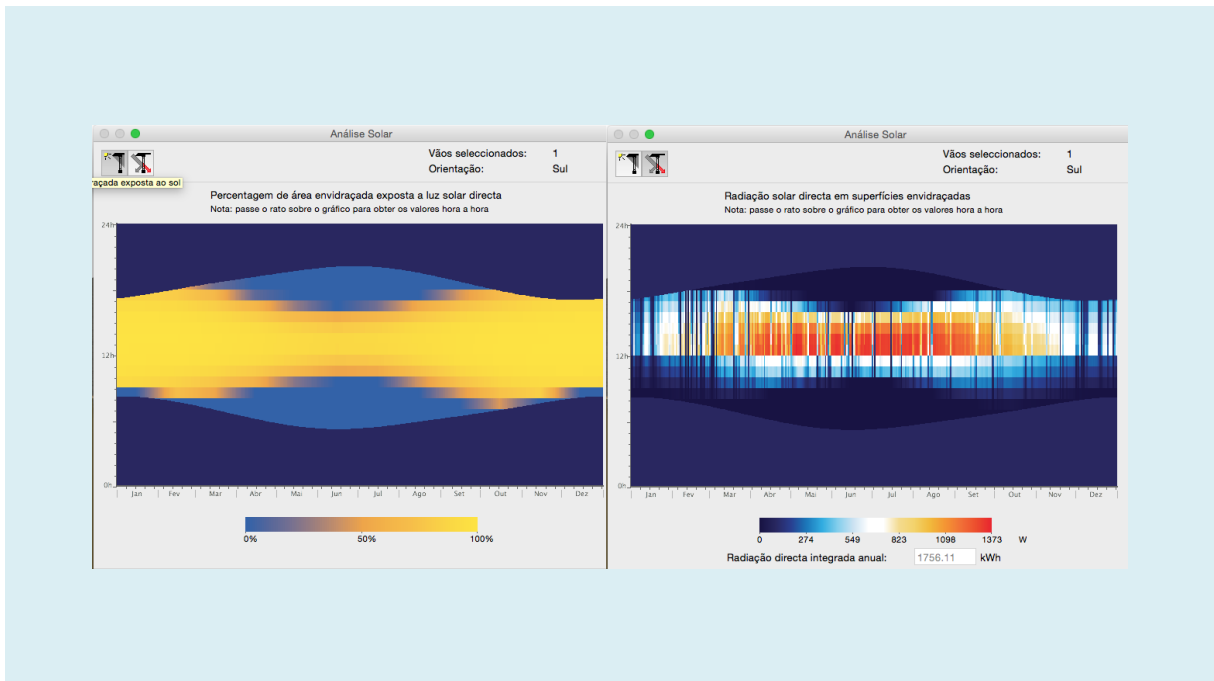
Nestes casos, a capacidade de captação passiva de calor significa 7426,37 KWh para a solução total e 11383,93 KWh para a solução de fachada cortina. Esta análise e cálculo permitem concluir nesta fase que a solução mais favorável a sul poderá ser a fachada cortina, sendo necessário, no entanto, o cálculo final incluindo todos os dados introduzidos anteriormente. A mesma situação é verificada no quadrante norte, ainda que com diferenças consideráveis entre soluções, mas muito menores quando comparadas com o quadrante oposto. Neste caso, a capacidade de captação passiva de calor significa 83,58 KWh para a solução de janela ao baixo, 50,63 KWh para a solução de janela ao alto, 389,15 KWh para a solução de vão total e 774,22 KWh para a solução de fachada cortina. Também neste quadrante podemos verificar que a solução mais favorável é a da fachada cortina.

Figura 30 – Radiação e incidência solar da janela ao baixo



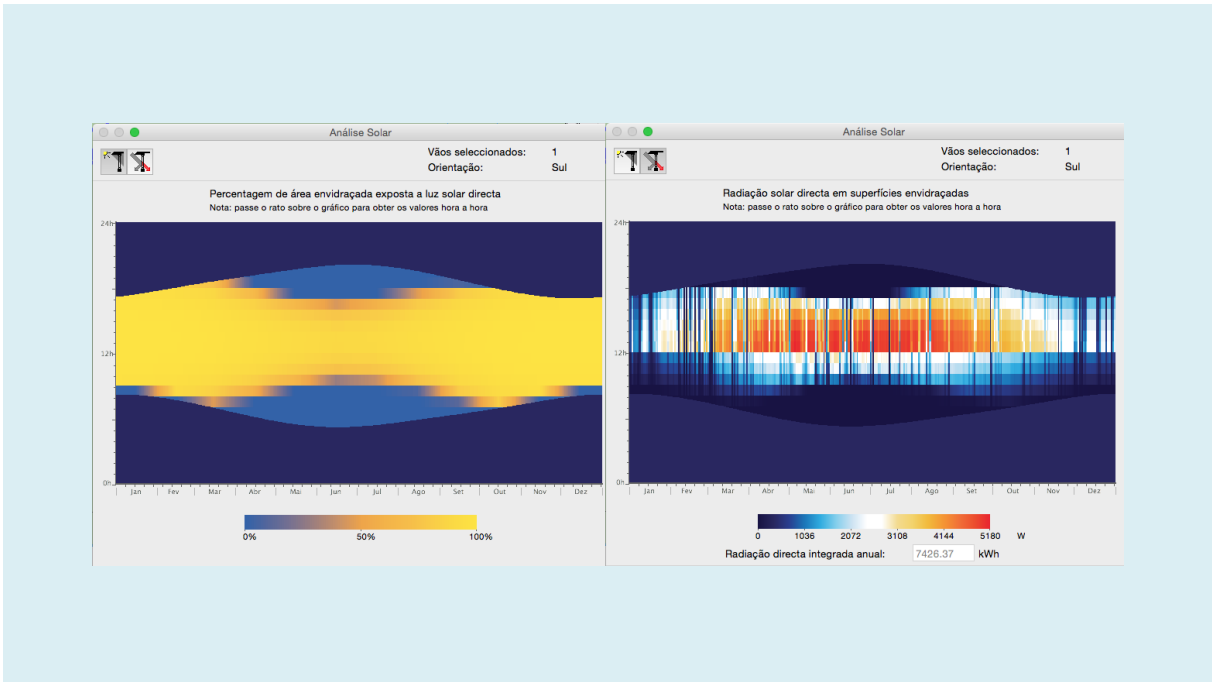
Fonte: Autor

Figura 31 – Radiação e incidência solar da janela ao alto



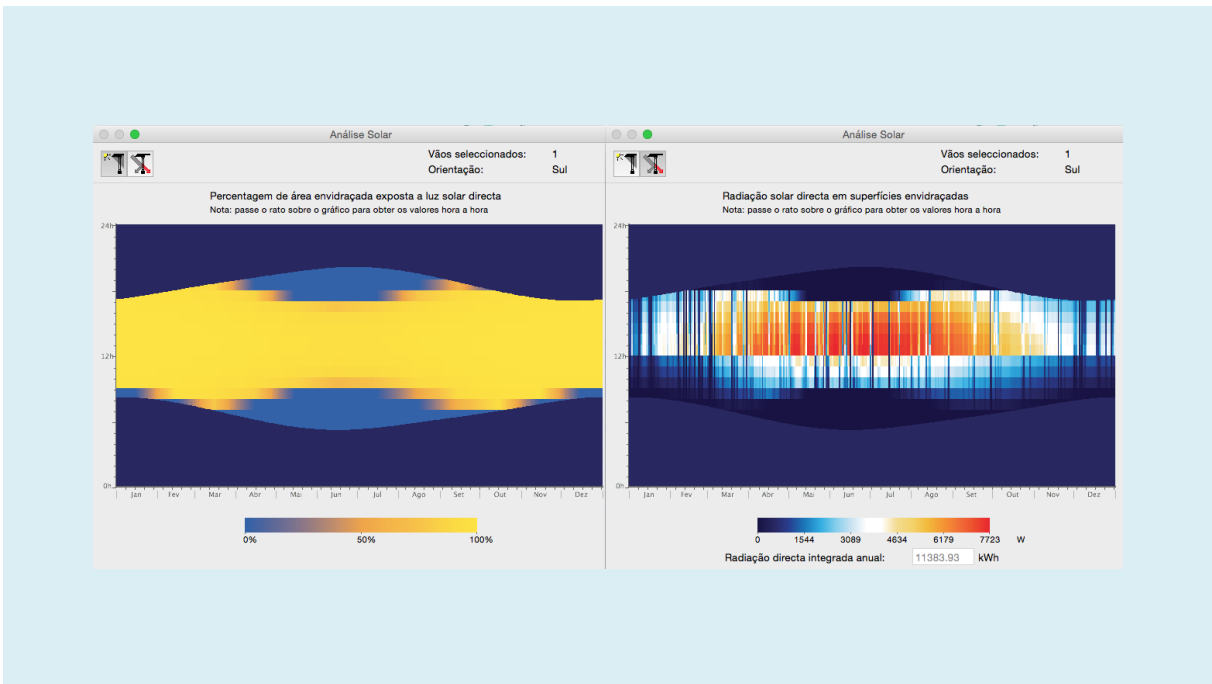
Fonte: Autor

Figura 32 – Radiação e incidência solar da janela total



Fonte: Autor

Figura 33 – Radiação e incidência solar da fachada cortina



Fonte: Autor

10. RESULTADOS

Os resultados apresentados, tomando em consideração todos os pontos anteriormente descritos, permitem verificar a energia despendida para climatizar o mesmo espaço recorrendo às diferentes soluções de fachada.

No quadrante sul, os resultados para a solução de vão horizontal apresentam um coeficiente de transferência térmica de 0,35 w/m²K, 3528,10 KWh/a de uso de energia anual, para a solução de vão vertical apresentam um coeficiente de transferência térmica de 0,35 w/m²K, 3616,15 KWh/a de uso de energia anual; para a solução de vão total apresentam um coeficiente de transferência térmica de 0,42 w/m²K, 6169,81 KWh/a de uso de energia anual; para a solução de fachada cortina apresentam um coeficiente de transferência térmica de 0,86 w/m²K, 2877,59 KWh/a de uso de energia anual. É de notar, no entanto, que o valor de transferência térmica da solução de fachada cortina corresponde essencialmente ao pano exterior de vidro colorido simples, não representando o conjunto do sistema.

No quadrante norte, os resultados para a solução de vão horizontal apresentam um coeficiente de transferência térmica de 0,35 w/m²K, 2597,41 KWh/a de uso de energia anual; para a solução de vão vertical apresentam um coeficiente de transferência térmica de 0,35 w/m²K, 2587,26 KWh/a de uso de energia anual; para a solução de vão total apresentam um coeficiente de transferência térmica de 0,42 w/m²K, 3089,49 KWh/a de uso de energia anual e para a solução de fachada cortina apresentam um coeficiente de transferência térmica de 0,86 w/m²K, 2534,50 KWh/a de uso de energia anual.

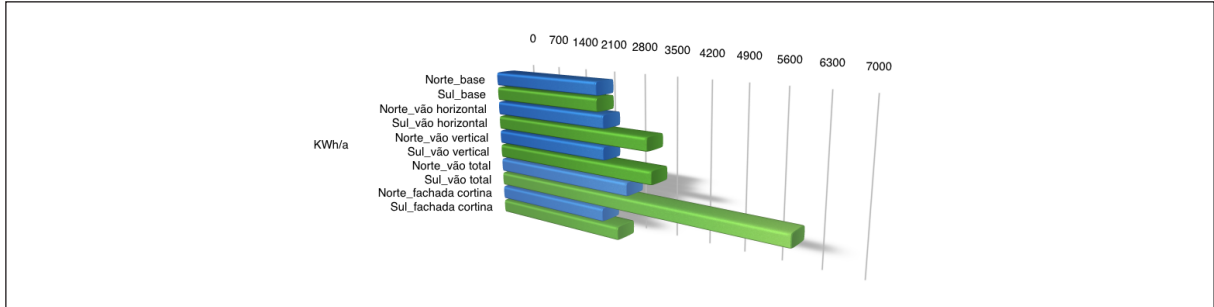
A partir do quadro síntese presente na imagem 34, podemos verificar e confrontar os resultados das soluções de fachada para os dois quadrantes quanto aos parâmetros de energia anual necessária, expressa em KWh/a, emissão de CO₂, fornecimento anual de energia para aquecimento e refrigeração, expresso em KW, cargas de pico para aquecimento e refrigeração, também em KW, e uma análise percentual comparativa de demanda energética anual.

Figura 34 – Quadro síntese

	Norte_base	Sul_base	Norte_vão horizontal	Sul_vão horizontal	Norte_vão vertical	Sul_vão vertical	Norte_vão total	Sul_vão total	Norte_fachada cortina	Sul_fachada cortina
KWh/a	2459,19	2459,19	2597,41	3528,10	2587,26	3616,15	3089,49	6169,81	2534,5	2877,59
Emissão CO ₂ kg/a	228	228	234	275	233	279	261,00	373,00	237,00	250,00
Fornecimento anual - aquecimento KWh	43,48	43,48	114,17	54,50	114,62	53,89	352,59	115,98	75,74	21,53
Fornecimento anual - refrigeração KWh	1001,41	1001,41	1030,89	1970,35	1020,57	2057,44	1284,51	4521,99	1000,66	1327,54
Cargas de pico - Aquecimento KW	0,67	0,67	0,78	0,73	0,78	0,73	0,95	0,89	0,73	0,60
Cargas de pico - Refrigeração KW	0,9	0,9	1,17	1,82	1,16	1,83	1,88	2,97	0,90	0,99
comparação percentual KWh/a	100%	100,00%	105,62%	143,47%	105,21%	147,05%	125,63%	250,89%	103,06%	117,01%

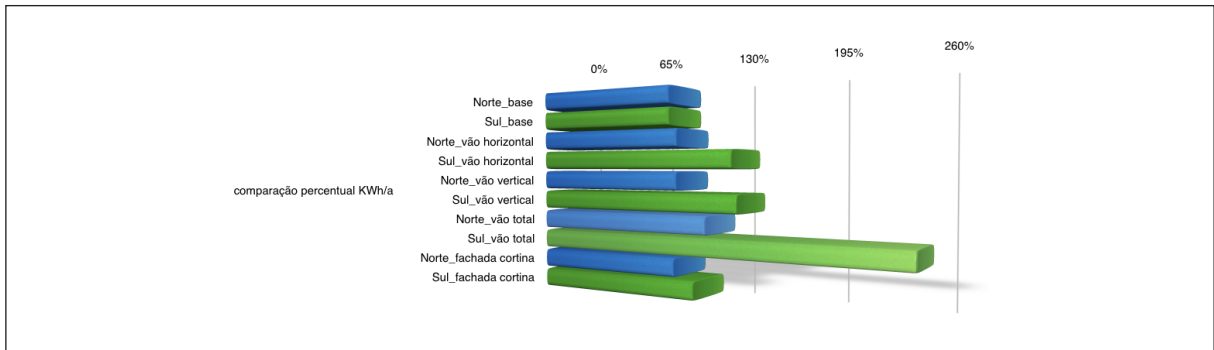
Fonte: Autor

Figura 35 – Gráfico comparativo demanda energética



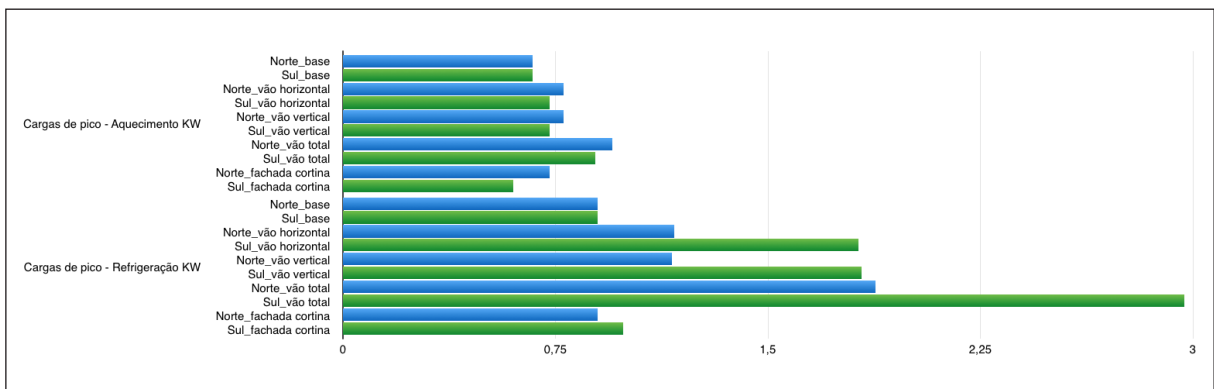
Fonte: Autor

Figura 36 – Gráfico comparativo percentual demanda energética



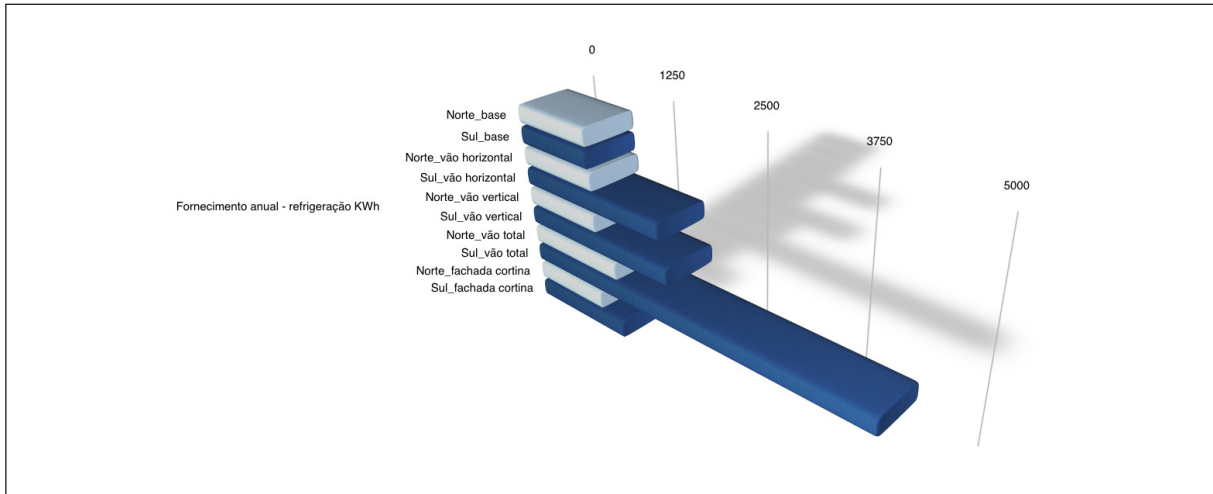
Fonte: Autor

Figura 37 – Gráfico comparativo cargas de pico



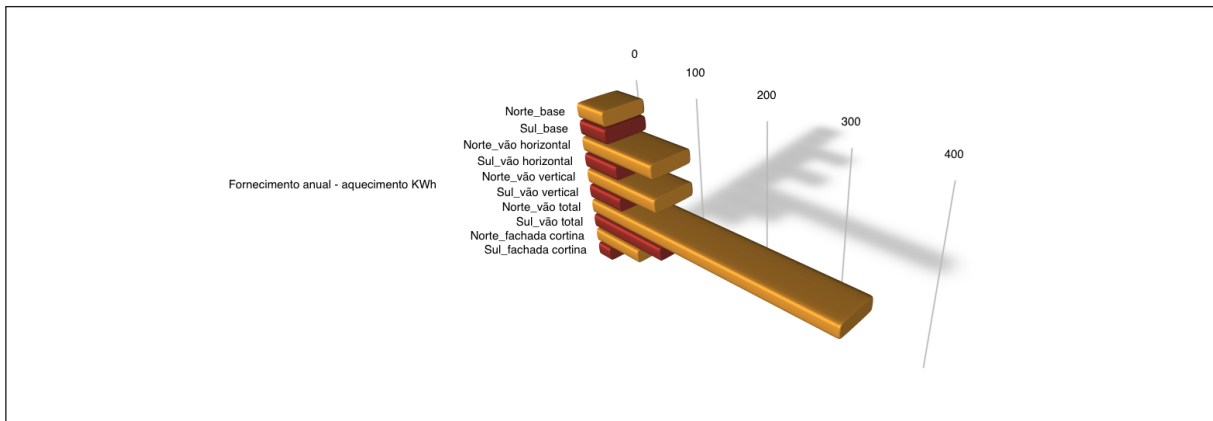
Fonte: Autor

Figura 38 – Gráfico comparativo energia refrigeração



Fonte: Autor

Figura 39 – Gráfico comparativo energia aquecimento



Fonte: Autor

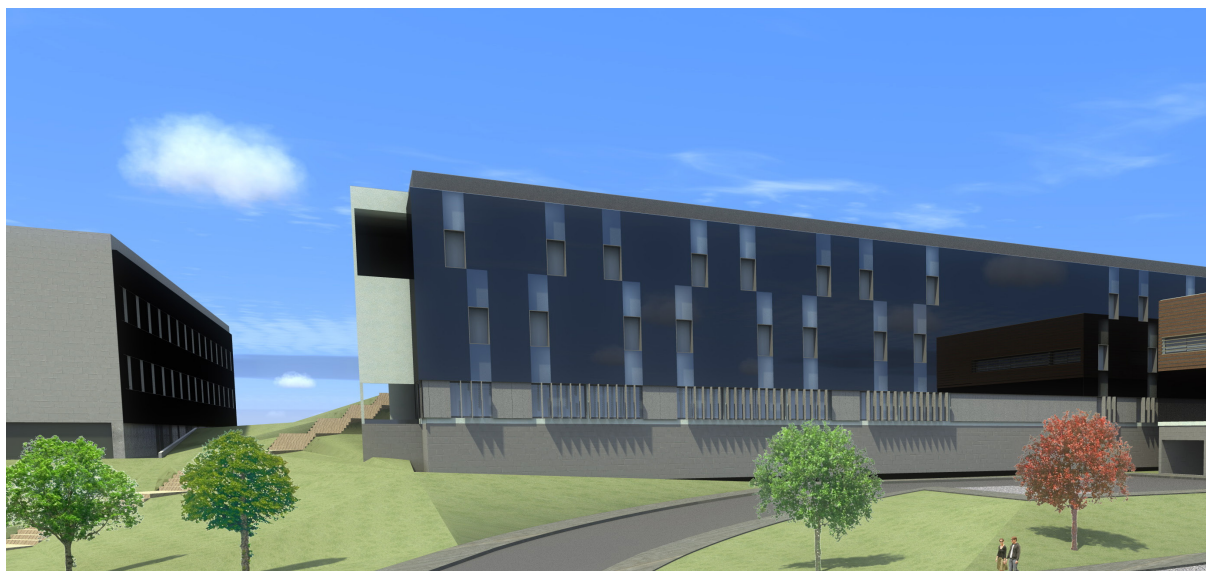
11. CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados e dos resultados do cálculo de necessidades energéticas pode-se concluir que a solução de fachada ideal para estes caso é a da fachada cortina. O controlo de excesso de iluminação poderá ser interior. A questão acústica será muito mais favorável neste sistema. Para as soluções de fachada testadas a atenuação acústica, de acordo com Hausladen, é de 15db para a solução de vão simples vertical, horizontal ou total, dependendo apenas da caixilharia e de 25db para a fachada cortina. (Hausladen *et al*, 2006)

A possibilidade de controlo do pano interior, abertura e ventilação é muito maior no caso da fachada cortina, garantindo um conforto mais personalizado e adaptado ao utente. A equipa de projeto adotou esta solução no projeto, conforme imagem 34.

As ferramentas digitais permitem ao arquiteto testar nas várias fases de projeto as soluções formais e materiais do edifício sob os aspetos mais técnicos essenciais à solução, resultando num processo mais seguro de investigação e inovação, com resultados mais sólidos, ultrapassando a mera exigência regulamentar e apoiando o ato criativo.

Figura 40 – O HSB com fachada cortina



Fonte: Autor

BIBLIOGRAFIA

Bottero, M. et al. (2015). A Multidisciplinary Sustainability Evaluation System for Operative and In-Design Hospitals. In: Capolongo, S. et al.. *Improving Sustainability During Hospital Design and Operation A Multidisciplinary Evaluation Tool*. New York, Springer, pp. 31-114.

Brophy, V. e Lewis, J. (2001). *A green vitruvius, Princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*. Lisboa, Ordem dos Arquitectos.

Capolongo, S. et al. (2015). *Improving Sustainability During Hospital Design and Operation A Multidisciplinary Evaluation Tool*. New York, Springer.

Council, G.B. (2009). *Green Building Design and Construction*, Washington, U.S. Green Building Council.

Hausladen, G. et al. (2005). *Climate Design, solutions for buildings that can do more with less technology*. Basileia, Birkhauser

Hausladen, G., Saldanha, M. e Liedl, P. (2006). *Climate Skin, building skin concepts that can do more with less energy*. Basileia, Birkhauser.

Hinte, E. et al. (2003). *Smart Architecture*, Roterdão, 010 publishers.

Lopez, R. (2012). *The built environment and public health*. San Francisco, John wiley & sons, inc.

Schittich, C. (2001). *Building Skins, concepts, layers, materials*. Munique, Birkhauser.

NOTAS

1. "Over time, there has been a broadening in the concept of what health is. Today, it is considered to be more than just the presence or absence of disease. It includes the overall well-being of an individual..." [LOPEZ, 2012, p.30] Tradução livre do autor.
2. "The energy performance of a building depends on its design. Its massing and orientation, materials, construction methods, building envelope, and water

efficiency as well as the heating, ventilating, and air-conditioning (HVAC) and lighting systems determine how efficiently the building uses energy." [Council, 2009, p. 240] Tradução livre do autor.

3. Daylighting design involves a careful balance of heat gain and loss, glare control, visual quality, and variations in daylight availability. Shading devices, light shelves, courtyards, atriums, and window glazing are all strategies employed in daylighting design. Important considerations include the selected building's orientation, window size and spacing, glass selection, reflectance of interior finishes, and locations of interior walls. [Council, 2009, p. 552] Tradução livre do autor.
4. "During schematic design, the architect, [...] should orient the building on its site to allow for passive solar strategies." [Council, 2009, p. 554] Tradução livre do autor.
5. "The way buildings are used, however, provides by far the largest contribution to their consumption of effort. They need heating and/or cooling, [...]. These all add up to the cost component of efficiency. In principle there are two strategies to put limitations on this. One could be called 'symbiosis', [...]. The second is self-sufficiency by minimizing input from energy [...]." [Hinte, E; et al.; 2003, p. 97] Tradução livre do autor.

