



A OTIMIZAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E TERMOFÍSICAS DA FACHADA DE UM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS

João Monteiro^{a,b}; Daniel Aelenei^{a,c,d}; António Santos^e

^aDepartment of Civil Engineering, Nova School of Science and Technology, 2829-516 Caparica, Portugal, jcs.monteiro@alumni.fct.unl.pt

^bBroadway Malyan Arquitectos e Designers, 1200-160 Lisboa, Portugal

^cCentre of Technology and Systems/UNINOVA, Faculty of Science and Technology, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal, aelenei@fct.unl.pt

^dLaboratório Associado de Sistemas Inteligentes, LASI, 4800-058 Guimarães, Portugal

^eLaboratório Nacional de Engenharia Civil, 1700-066 Lisboa, Portugal, asantos@lnec.pt

RESUMO

A fachada de um edifício de escritórios desempenha um papel crucial no seu desempenho energético e no conforto dos seus ocupantes. Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos de um estudo numérico realizado para otimizar a fachada do projeto de um edifício de escritórios a ser construído na cidade do Porto.

Através de simulações numéricas realizadas com recurso às ferramentas OpenStudio, EnergyPlus e Radiance, foram analisadas várias soluções de fachada para identificar as características geométricas e termofísicas capazes de proporcionar as melhores condições de conforto interior (térmico e visual) e eficiência energética a serem implementadas em fase de projeto.

Foram identificadas as estratégias de sombreamento mais eficazes, adaptadas para cada orientação solar, que são mais propensas a diminuir o desconforto interior (térmico e visual) do edifício em estudo. Também se identificou a percentagem de área envidraçada adequada para cada orientação solar, com menor área nas fachadas mais expostas à radiação solar, equilibrando o desempenho do edifício entre as várias orientações de fachadas.

Em suma, as melhorias identificadas apontam para uma redução de 27% do consumo energético total, em consequência de uma diminuição de 39% da energia necessária para o arrefecimento, e uma melhoria do conforto visual, com uma diminuição de 78% do número total de horas anuais de iluminação excessiva.

Palavras-chave: simulação numérica, conforto térmico e visual, edifícios de escritórios, fachadas



1 INTRODUÇÃO

Os edifícios de hoje, são mais do que um mero abrigo; são uma expressão de fatores sociais e culturais, e as fachadas assumem-se como a nossa "terceira pele" definindo o espaço que habitamos. São as fachadas que determinam, em larga medida o conforto interior e a eficiência energética do edifício. Os edifícios, ao serem responsáveis por 36% das emissões totais de gases de efeito de estufa e por 40% dos consumos energéticos da União Europeia, têm consequentemente um potencial imenso de contribuição para a redução dos consumos e emissões, enquanto aumentam os padrões de segurança e conforto dos seus utilizadores. A correta adaptação da fachada ao clima deverá proporcionar níveis de conforto adequados e, consequentemente, um menor consumo energético (Gonçalves & Graça, 2004). A fachada influencia diretamente o conforto térmico, controlando os fluxos de calor e a radiação solar, e o conforto visual, através do correto posicionamento e orientação das zonas envidraçadas e dos sistemas de sombreamento (Santos, 2009).

Este estudo pretende otimizar o desempenho da fachada de um edifício de serviços, tendo por base 3 critérios: garantia do conforto térmico, conforto visual e eficiência energética do edifício. Através de uma análise de sensibilidade incidindo sobre os vários componentes da fachada do edifício, foram estudadas variantes à fachada-base, de forma a determinar aquelas que proporcionam uma melhoria do conforto interior e da eficiência energética do edifício, com o objetivo de definir a melhor solução otimizada de fachada para o caso de estudo.

2 CASO DE ESTUDO

O caso de estudo é constituído por um edifício de escritórios a construir na cidade do Porto, desenvolvido por Broadway Malyan entre 2019 e 2020 (Broadway Malyan, 2022), sob a coordenação do 1º autor. O edifício implanta-se perpendicular à Rua Ferreira Dias, ficando com uma orientação de -46° a norte – que lhe confere exposição solar em todas as fachadas, conforme a Figura 1.

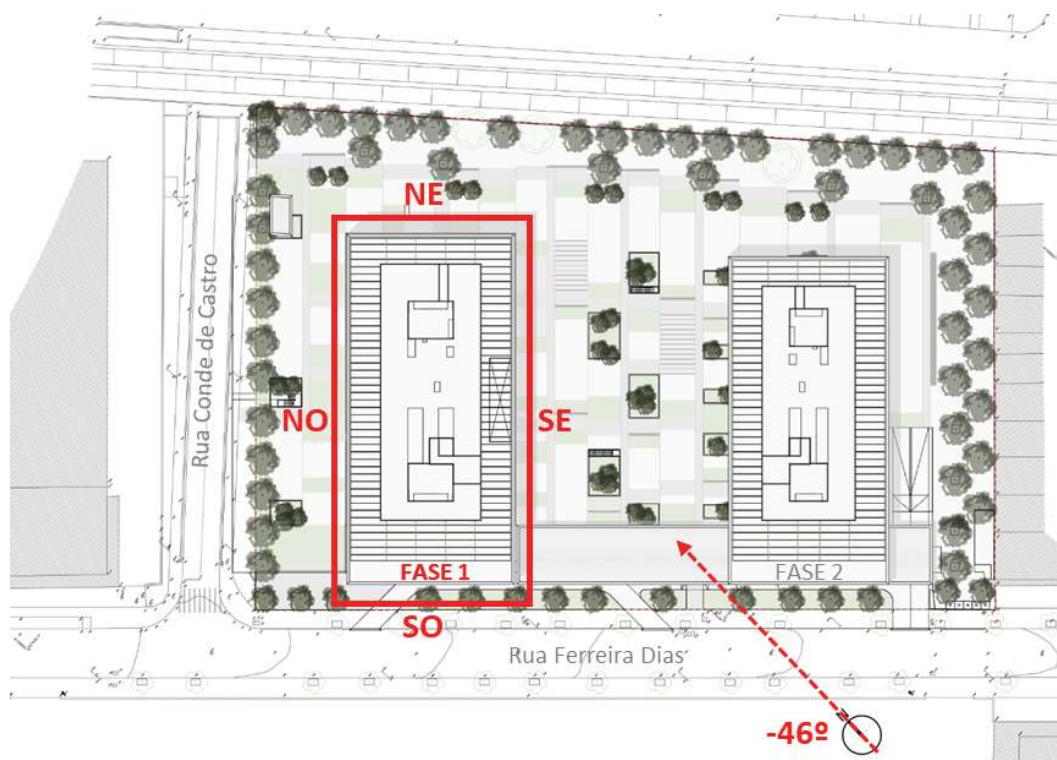


Figura 1 – Planta de implantação do edifício em estudo



O edifício é composto por 9 pisos e apresenta uma planta retangular de $66 \times 33\text{m}$, com os espaços de trabalho ao redor das 4 fachadas. As fachadas são maioritariamente em vidro, com uma composição de elementos opacos que difere entre a fachada SO, que tem varandas contínuas de duplo piso, e a fachada SE com terraços recuados em posições variadas. O edifício organiza-se em módulos de fachada de 2 em 2 pisos compostos por: elementos opacos verticais de dupla altura e horizontais de 2 em 2 pisos, lâminas de sombreamento verticais de dupla altura e horizontais nos pisos intermédios, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 – Alçados SO e SE do edifício em estudo

3 METODOLOGIA

O desempenho térmico de um edifício é determinado pelo equilíbrio das trocas térmicas entre a sua envolvente e os espaços adjacentes, assim como pelos ganhos internos. As transferências de calor ocorrem devido à diferença de temperatura e manifestam-se por condução, convecção e radiação (Henriques, 2023). Para assegurar o conforto térmico é essencial gerir eficazmente as transferências de calor ao longo do dia e em diferentes estações do ano. O sol, contribuindo com energia solar (radiação) e luz natural, desempenha um papel crucial no conforto térmico e visual dos edifícios.

Para garantir o conforto visual, é necessário considerar aspetos quantitativos e qualitativos da iluminação. A quantidade de luz deve ser adequada para a realização das tarefas visuais (exigência quantitativa), enquanto a luz natural deve ser bem distribuída para evitar o encandeamento (aspeto qualitativo) (Santos, 2014).

Dada a complexidade do edifício em estudo e a repetição de pisos que o mesmo contempla, as simulações foram otimizadas focando-se num conjunto de 2 pisos consecutivos. Esta abordagem permitiu acelerar o processo de modelação e simulação do edifício em estudo e das suas alternativas. Com a modelação e a simulação do caso de estudo concluídas, foram simuladas variantes de cada elemento de fachada (aumentando e diminuindo a sua proporção na fachada), de modo a identificar as melhorias potenciais proporcionadas por cada um, estudando assim a influência de cada componente da fachada. As melhorias identificadas, considerando o equilíbrio entre o conforto térmico, visual e o desempenho energético, foram sucessivamente integradas no caso de estudo. Desta forma foi possível registar o benefício de cada melhoria ao longo do processo de otimização,



proporcionando uma análise detalhada de como cada alteração contribui para o desempenho global de edifício.

4 SIMULAÇÃO NUMÉRICA

4.1 MODELO DE SIMULAÇÃO

De acordo com a legislação vigente em Portugal, o desempenho energético dos edifícios é regulamentado pelo Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro (Presidência do Conselho de Ministros, 2020), juntamente com portarias e despachos subsequentes. Estes documentos estabelecem os requisitos aplicáveis aos edifícios para a melhoria do seu desempenho energético, incluindo limites específicos para vários componentes: envolvente opaca e envidraçada; sistemas de ventilação; sistemas de climatização; equipamentos elétricos e iluminação artificial; sistemas de preparação de água quente; sistemas de produção de energia elétrica.

Para a análise do edifício em estudo, foram considerados 2 pisos tipo consecutivos (pisos 5 e 6), representativos do desempenho das fachadas do edifício. Cada piso foi subdividido em 4 zonas térmicas distintas, correspondendo a cada uma das orientações das fachadas, conforme ilustrado na Figura 3. O núcleo de circulações central foi excluído das simulações, sendo que as superfícies em contacto com os espaços não modelados foram definidas como adiabáticas.

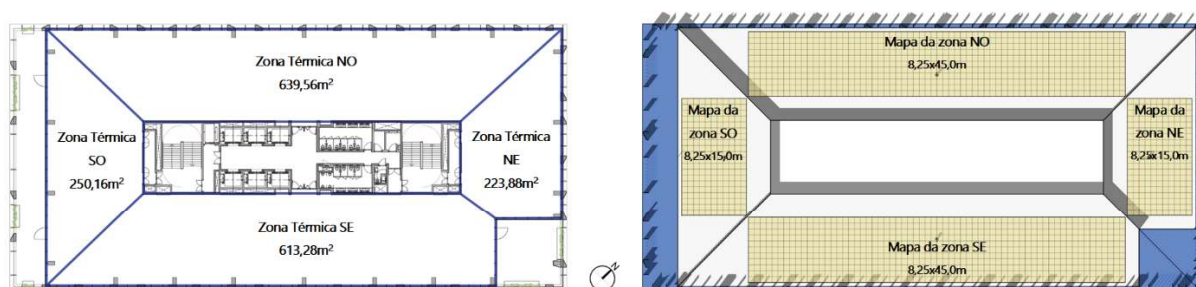


Figura 3 – Planta tipo com as 4 zonas térmicas e Planta com os mapas de iluminâncias

Foram incorporados mapas de iluminâncias para avaliar os níveis de iluminação, colocados a 0,50m da fachada, com uma profundidade de 8,25m e a uma altura de 0,75m (semelhante à altura de referência de um plano de trabalho), conforme a Figura 3. Para a simulação da probabilidade de encandeamento, adicionaram-se 2 sensores em cada zona térmica, posicionados a 2m e 6m da fachada, respetivamente, ambos a uma altura de 1,2m (equivalente à altura do olho humano em posição sentada no posto de trabalho).

Em cada zona térmica foram aplicados os perfis de ocupação (1 pessoa por cada 8 m²), iluminação (6,5W/m²) e equipamentos elétricos (15W/m²), com os horários definidos pelo Manual de SCE (Direção-Geral de Energia e Geologia, 2021). As características físicas das superfícies de cada zona foram definidas de seguinte forma: envidraçados ($U=1,91\text{W/m}^2\text{°C}$, $g=0,33$, $\alpha_{sol}=0,30$), paredes exteriores ($U=0,20\text{W/m}^2\text{°C}$, $\alpha_{sol}=0,30$), paredes interiores ($U=2,63\text{W/m}^2\text{°C}$, $\alpha_{sol}=0,15$), pavimentos ($U=0,94\text{W/m}^2\text{°C}$, $\alpha_{sol}=0,55$) e tetos ($U=3,60\text{W/m}^2\text{°C}$, $\alpha_{sol}=0,30$).

Para a climatização utilizou-se o método de Cargas Ideais de Ar do EnergyPlus, definindo-se as temperaturas de controlo: arrefecimento, 24°C com ocupação, e 26°C sem ocupação; aquecimento, 20°C com ocupação, e 18°C sem ocupação. O caudal de ar novo mínimo considerado foi 24m³/(h.ocupante).



A Figura 4 ilustra o modelo tridimensional de simulação do caso de estudo.

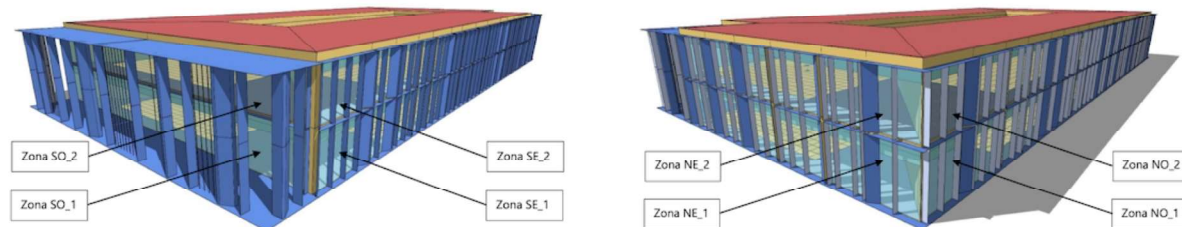


Figura 4 – Modelo tridimensional de simulação – vista sul e vista norte

As simulações foram configuradas de forma a obter em cada zona térmica, os seguintes resultados:

- Desempenho térmico anual (ganhos e perdas da envolvente opaca e envidraçados, e os ganhos internos provenientes da ocupação, iluminação e equipamentos elétricos);
- Consumo energético anual (climatização, ventilação, iluminação e equipamentos elétricos);
- Iluminâncias no plano de trabalho para cada hora do ano, em cada ponto, as métricas $UDI_{(100-3000 \text{ lux, Daylit and Occupied Hours})}$ e SDA (300 lux, 8h-18h);
- Probabilidades de encandeamento nos 2 pontos (DGPs).

4.2 ESTUDO DE OTIMIZAÇÃO DAS FACHADAS

De forma a equilibrar e otimizar o desempenho energético e o conforto do edifício, foi realizado um estudo detalhado das soluções de melhoria da envolvente construtiva. Este estudo visou analisar de forma individual cada elemento das fachadas, determinando a melhor solução para cada orientação.

- Vidros: Para o fator solar dos vidros, foram consideradas duas opções: Vidro menos transparente (fator solar menor) com valores de $g=0,276$ e $T_v=0,600$; Vidro mais transparente (fator solar maior) com valores de $g=0,431$ e $T_v=0,652$
- Elementos opacos verticais: A largura dos elementos opacos verticais foi variada de 1,0m para 1,25m e 1,5m, analisando o impacto dessas variações no desempenho térmico e visual.
- Elementos Opacos Horizontais: Foram adicionadas faixas opacas horizontais com 0,5m de altura, com e sem lâmina de sombreamento, e a profundidade desses elementos foi variada de 400mm para 300mm e 500mm.
- Lâminas de Sombreamento: As lâminas de sombreamento foram estudadas com variações no afastamento vertical de 1,5m para 0,75m e 0,5m, e no afastamento horizontal, reduzindo de 4,2m para 2,1m e 1,4m.
- Varandas: Foram adicionadas varandas nas fachadas NE, NO e SE, replicando a solução da fachada SO, com profundidades de 1m e 2m, mantendo a varanda na fachada SO com 4m.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O caso de estudo revelou, através das simulações numéricas, assimetrias significativas de desempenho entre as várias fachadas, tanto ao nível da orientação solar como entre os dois pisos analisados. Os principais pontos de melhoria identificados foram: ganhos térmicos excessivos através dos vãos



envidraçados; elevado consumo energético para o arrefecimento; iluminação natural excessiva nas fachadas sul; probabilidades de encandeamento próximos às janelas.

As simulações de otimização da envolvente construtiva identificaram a melhor configuração para cada elemento das fachadas. Para os vidros, a opção selecionada foi um vidro com fator solar menor (menos transparente), com valores de $g=0,267$ e $T_v=0,584$. Nos elementos opacos da fachada, os elementos verticais foram alargados para 1,25m nas fachadas NE, NO e SE, e para 1,5m na fachada SO, onde também se duplicou a quantidades destes elementos. Nos elementos horizontais, foi adicionada uma faixa opaca entre os dois pisos e aumentada a altura das zonas opacas para 0,6m. A profundidade dos elementos da fachada foi aumentada para 0,5m. Para as lâminas de sombreamento verticais o afastamento foi reduzido para 1m nas fachadas NE e NO, mantendo 1,5m nas fachadas SE e SO. Já no caso das lâminas de sombreamento horizontais, apenas no piso inferior das fachadas SE e SO, o afastamento foi reduzido para 1,2m.

A implementação de varandas foi identificada como a solução mais eficaz, sendo adicionadas nas fachadas NE (2m de profundidade), NO (1,2m de profundidade) e SE (2,5m de profundidade), mantendo-se a varanda com 4m de profundidade na fachada SO. A Figura 5 ilustra o modelo tridimensional de simulação com as medidas de otimização implementadas. As otimizações foram introduzidas sequencialmente, permitindo avaliar o impacto de cada medida.

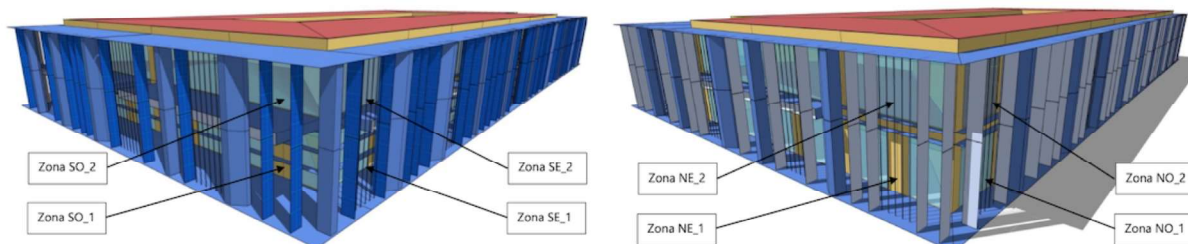


Figura 5 – Modelo tridimensional otimizado – vista sul e vista norte

5.1 DESEMPENHO TÉRMICO

Conforme mostra a Figura 6, as medidas de otimização reduziram os ganhos térmicos anuais de 38,06 kWh/m².ano para 20,54 kWh/m².ano, proporcionando um maior equilíbrio entre as diferentes zonas térmicas.

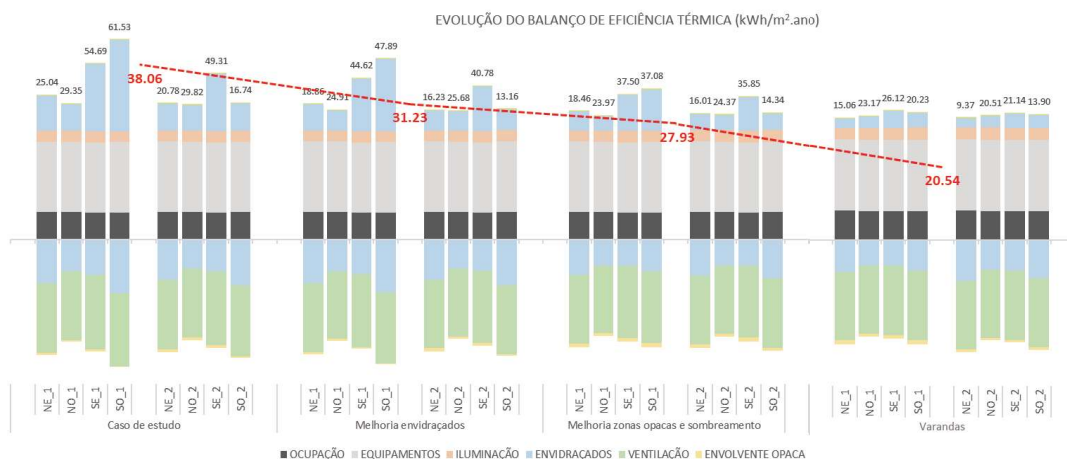


Figura 6 – Gráfico de evolução do Balanço Térmico



A alteração para vidros com um menor fator solar, resultou numa redução de 18% nos ganhos térmicos, especialmente no verão. O aumento das áreas opacas proporcionou uma redução adicional de 11%, com maior impacto nas fachadas a sul. A adição de varandas nas 4 fachadas resultou numa das maiores reduções, com 19%, equilibrando o desempenho entre as zonas térmicas, graças à profundidade adaptada a cada orientação solar. No global, a otimização permitiu uma redução de 46% de ganhos térmicos anuais, diminuindo a energia útil térmica total de 131 458,63kWh/ano, para 70 924,85kWh/ano, principalmente devido à significativa redução dos ganhos solares através dos vãos envidraçados (redução de 294%), conforme identificado no Quadro 1.

Quadro 1 – Resumo da Energia útil térmica anual: caso de estudo e otimização (kWh/ano)

	Ocupação	Iluminação Artificial	Equipamentos	Envidraçados	Ventilação	Envolvente Opaca	TOTAL
Caso de Estudo	82 237,11	31 484,39	202 231,50	24 580,39	-203 468,95	-5 605,80	131 428,63
Otimização	83 187,75	34 372,25	202 231,50	-47 752,47	-194 029,89	-7 084,29	70 924,85
Diferença	1,16%	9,17%	0,00%	-294,27%	-4,64%	26,37%	-46,05%

5.2 DESEMPENHO ENERGÉTICO

A otimização aumentou a eficiência energética do edifício, conforme ilustrado na Figura 7, com uma redução do consumo energético anual de 53,21 kWh/m².ano para 39,10 kWh/m².ano, equilibrando o consumo energético de cada zona térmica, através de uma redução do consumo em arrefecimento.

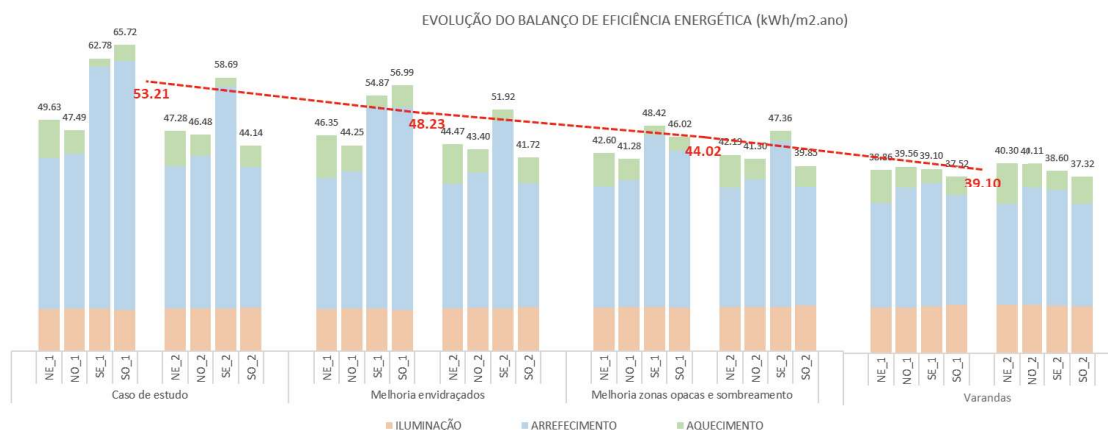


Figura 7 – Gráfico de evolução do Balanço Energético

A introdução de vidros com menor fator solar permitiu uma redução de 9% do consumo energético. O aumento das áreas opacas resultou numa redução adicional de 8%, por redução da área envidraçada, diminuindo as necessidades de arrefecimento e aquecimento. A adição de varandas nas 4 fachadas permitiu uma redução adicional de 9%, equilibrando o consumo entre as diferentes zonas térmicas.

No global a otimização permitiu uma redução de 27% nos consumos anuais do tipo S, diminuindo o consumo de energia útil de 133 772,50kWh/ano, para 135 046,91kWh/ano, pela redução de energia para arrefecimento, que teve uma redução de 39%. Apesar de existir um ligeiro aumento dos restantes consumos de energia (iluminação e aquecimento), este é substancialmente inferior à redução em arrefecimento, resultando em um desempenho energético mais eficiente, conforme identificado no Quadro 2.



Quadro 2 – Resumo do consumo de Energia útil anual: caso de estudo e otimização (kWh/ano)

	Iluminação Artificial	Arrefecimento	Aquecimento	TOTAL Consumos Tipo S	Equipamentos	TOTAL Consumos Tipo T
Caso de Estudo	31 484,39	138 382,11	13 905,99	183 772,50	202 231,50	386 004,00
Otimização	34 372,25	84 033,86	16 640,80	135 046,91	202 231,50	337 278,41
Diferença	9,17%	-39,27%	19,67%	-26,51%	0,00%	-12,62%

5.3 CONFORTO VISUAL

As soluções de otimização tiveram um impacto muito positivo na disponibilidade e qualidade da iluminação natural (Quadro 3), reduzindo a iluminação excessiva (denotada pelo aumento do UDI) e mantendo os níveis de iluminação necessários para a iluminação natural ser "preferida" pelos ocupantes (sDA igual ou superior a 0,75).

Quadro 3 – Conforto Visual UDI₍₁₀₀₋₃₀₀₎ e sDA₍₃₀₀₎: caso de estudo e otimização

	NE_1	NO_1	SE_1	SO_1	NE_2	NO_2	SE_2	SO_2
	UDI ₍₁₀₀₋₃₀₀₎ sDA ₍₃₀₀₎							
Caso de Estudo	0,76 0,90	0,79 0,87	0,64 0,89	0,59 0,91	0,79 0,88	0,79 0,86	0,66 0,88	0,74 0,85
Otimização	0,81 0,77	0,80 0,75	0,74 0,76	0,77 0,75	0,82 0,75	0,81 0,75	0,75 0,75	0,77 0,76

Comparando as iluminâncias no plano de trabalho da solução otimizada com as do caso de estudo (Figura 8), em termos de média anual em cada hora, observou-se que o caso de estudo apresentava variações muito acentuadas nas zonas do quadrante sul (fachadas SE e SO) com picos de iluminação excessiva muito elevados, chegando a quase 7000 lux nas zonas SE e 5000 lux nas zonas SO. A otimização, suavizou essas variações ao longo do dia, mantendo valores abaixo dos 3000 lux.

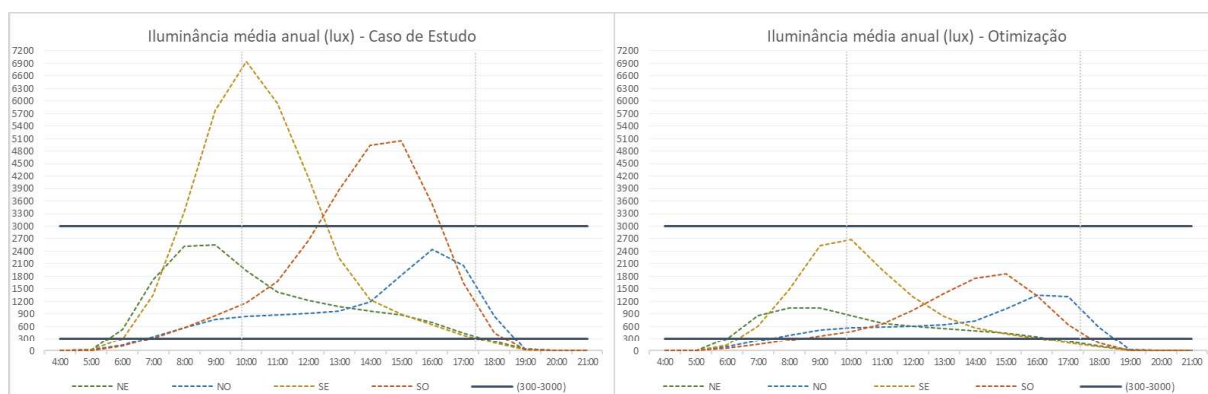


Figura 8 – Iluminâncias médias anuais a cada hora no plano de trabalho: caso de estudo e otimização

A Figura 9 mostra que a otimização reduziu significativamente o número de horas anuais de iluminação excessiva (acima de 3000 lux) e aumentou as horas dentro dos intervalos de conforto visual (100-3000 lux). As zonas do quadrante sul, que inicialmente apresentavam um elevado número de horas de iluminação excessiva, mostraram uma grande melhoria, com poucas horas de iluminação excessiva nas zonas SE. A solução otimizada também foi mais homogénea entre as várias orientações, proporcionando maior equidade no número de horas dentro dos intervalos de conforto, em comparação com o caso de estudo.



Figura 9 – Número de horas anuais por intervalo de iluminação (intervalo horário das 8h-18h): caso de estudo e otimização

5.4 ENCANDEAMENTO

A comparação entre os resultados do caso de estudo e da otimização revelou uma melhoria significativa nas probabilidades de encandeamento (Figura 10), com uma redução de cerca de 85% no número de horas com probabilidade de encandeamento intolerável. Embora ainda haja casos pontuais de encandeamento próximo à fachada (especialmente nas fachadas SE), a probabilidade de encandeamento é muito reduzida no interior, a uma distância de 6 metros da fachada. No global, os períodos com probabilidade de encandeamento desconfortável (DGPs acima dos 0,40) representam menos de 3% do total de horas de ocupação após a otimização, permitindo uma melhoria substancial no conforto visual em relação ao caso de estudo.

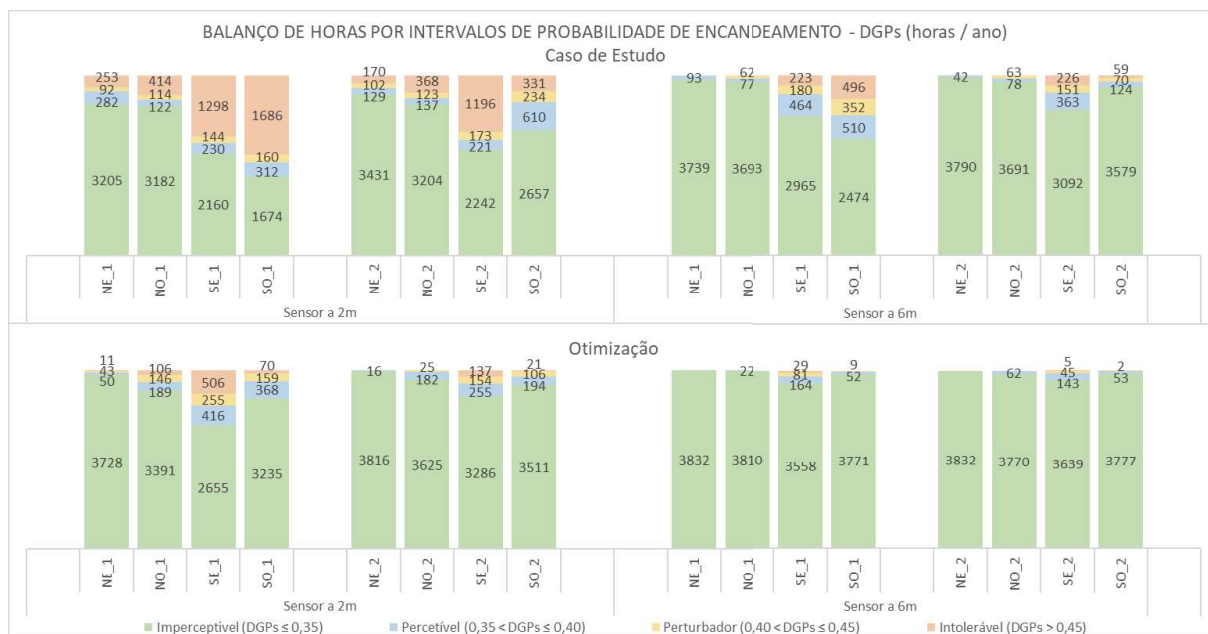


Figura 10 – Número de horas anuais por intervalo de probabilidade de encandeamento - DGPs (intervalo horário das 8h-18h): caso de estudo e otimização

5.5 ÁREA ENVIDRAÇADA

A otimização, através do aumento das áreas opacas, resultou numa redução diferenciada das áreas envidraçadas em cada piso (Quadro 4). No caso de estudo, as áreas envidraçadas representavam percentagens muito elevadas (acima de 74%), enquanto na otimização essas percentagens diminuíram para valores entre 56% e 59%, reduzindo os ganhos solares excessivos. No piso superior, a



percentagem de área envidraçada em cada fachada foi pouco alterada, sendo a proximidade às varandas mais eficaz na redução dos ganhos solares excessivos, sem a necessidade de reduzir a área envidraçada, promovendo assim um melhor conforto visual.

Quadro 4 – Comparativo das zonas envidraçadas por fachada: caso de estudo e otimização

	NE_1	NO_1	SE_1	SO_1	NE_2	NO_2	SE_2	SO_2
	m ² %							
Caso de Estudo	108 78%	204 74%	207 75%	131 95%	97 70%	184 66%	186 67%	118 85%
Otimização	77 56%	163 59%	159 57%	78 56%	99 71%	192 69%	195 70%	99 71%
Diferença	-28%	-20%	-23%	-41%	2%	4%	5%	-16%

As soluções de otimização identificadas neste trabalho foram implementadas no projeto do edifício, revendo a envolvente construtiva (fachadas) de forma a melhorar as condições de conforto interior do futuro edifício, que se encontra em construção. A imagem exterior do edifício foi atualizada para refletir as novas soluções otimizadas, conforme mostrado na Figura 11.



Figura 11 – Comparação do edifício inicial e o otimizado - Vista 3D

6 CONCLUSÕES

No presente trabalho analisou-se o desempenho de um edifício de escritórios, focando na otimização do conforto interior e eficiência energética através de simulações numéricas usando o EnergyPlus e o Radiance, com base em dados climáticos locais. O caso inicial revelou desequilíbrios significativos de desempenho entre as fachadas, resultando em ganhos térmicos excessivos pelos envidraçados, elevado consumo de energia para arrefecimento, iluminação natural excessiva no quadrante sul e elevados períodos de probabilidade de desconforto visual (encandeamento).

Através de simulações numéricas detalhadas, foram testadas diferentes variantes de fachada (vidro, zonas opacas e sombreamentos) para identificar as melhores soluções. A solução otimizada implementa uma nova estratégia de sombreamento, com elementos horizontais projetados das fachadas (varandas de 2 em 2 pisos) com profundidades diferentes para cada orientação solar (maiores



no quadrante sul e menores no quadrante norte), e reduz a área envidraçada nas zonas térmicas mais expostas à radiação solar, equilibrando o desempenho do edifício entre as várias fachadas.

As otimizações resultaram numa melhoria significativa no balanço térmico anual, com uma redução de 27% no consumo energético anual (consumos do tipo S), principalmente devido à diminuição da energia necessária para o arrefecimento, que teve uma redução total de 39%. O estudo também permitiu uma melhoria significativa do conforto visual nos espaços interiores, tendo-se verificado uma diminuição do número total de horas anuais de iluminação excessiva (iluminâncias acima dos 3000 lux) de 78%, e uma diminuição do número de horas anuais de probabilidade de encandeamento intolerável ($DGP_s > 0,45$) de 85%. As simulações de conforto visual indicam que a solução otimizada oferece uma qualidade de iluminação natural superior em comparação com o caso de estudo.

Em resumo, a solução otimizada de fachada resultou num edifício mais eficiente energeticamente e mais confortável para os ocupantes, adaptando-se corretamente ao clima local e melhorando o desempenho geral do edifício.

Como desenvolvimentos futuros ao trabalho realizado, identificam-se os seguintes:

- Após a construção da solução otimizada, realizar estudos de medição “in situ” dos parâmetros estudados neste trabalho para comparação com os resultados obtidos pelas simulações numéricas, e validação da metodologia aqui aplicada.
- Aplicar esta metodologia de otimização a outros edifícios de escritórios em localizações climáticas diferentes e/ou com geometrias opostas ao caso de estudo (edifício mais horizontal, com maior área por piso, e edifício mais vertical, com mais pisos), de forma a avaliar a eficácia desta metodologia em condições diversas, e identificar as suas limitações.

REFERÊNCIAS

- Broadway Malyan. (2022, February 17). *Work set to start on green office project in Porto*. <https://www.broadwaymalyan.com/news/work-set-to-start-on-green-office-project-in-porto/>
- Direção-Geral de Energia e Geologia. (2021). Despacho n.º 6476-H/2021 de 1 de julho - Manual SCE. In *D.R. n.º 126, 2ª Sup. 2ª Série* (6476-H/2021; Vol. 126, pp. 330(66)-330(316)). D.R. n.º 126, Serie II de 2021-07-01. <https://files.dre.pt/2s/2021/07/126000002/0006600316.pdf>
- Gonçalves, H., & Graça, J. M. (2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. DGGE / IP-3E.
- Henriques, F. M. A. (2023). *Comportamento Higratérmico de Edifícios* (Versão 11.8). Departamento de Engenharia Civil. Universidade Nova de Lisboa.
- Presidência do Conselho de Ministros. (2020). Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 07 de dezembro. In *D.R. n.º 237, 1ª Supl. 1ª Série* (101-D; Vol. 237, pp. 7(21)-7(45)). <https://files.dre.pt/1s/2020/12/23701/0002100045.pdf>
- Santos, A. J. (2009). *A iluminação nos edifícios. Uma abordagem no contexto da sustentabilidade e eficiência energética: Vol. COM 133* (2nd ed.). LNEC.
- Santos, A. J. (2014). *A iluminação natural nos edifícios. Uma perspetiva no âmbito do conforto ambiental e da eficiência energética: Vol. ITE 57*. LNEC.