REVISTA CIENTÍFICA EVOLUA

ISSN: 3078-6533

Vol. 5, **No.** 1. **2025**

Doi: 10.5281/zenodo.15783749

O VIDRO COMO SOLUÇÃO PARA MELHORIA DO CONFORTO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO

GLASS AS A SOLUTION FOR IMPROVING THERMAL COMFORT IN BUILDINGS

EL VIDRIO COMO SOLUCIÓN PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO EN LOS EDIFICIOS

Grongel Calei [1]; ORCID: 0009-0004-6899-1565;

Amanda Krieger [2]. ORCID: 0009-0007-3601-979X;

*Email de correspondência: grongelcalei@gmail.com

Recebido: 20/05/2025
Aceito: 02/06/2025
Publicado: 02/07/2025

RESUMO

Este artigo está voltado nas diversas soluções para melhoria do conforto térmico interno das edificações por intermédio de estratégia ligadas aos tipos e especificações de vidros. Fez-se uma breve revisão de literatura dos diversos estudos feitos em torno do tema e fundamentalmente aqueles que utilizam métodos computacionais de simulações para alcançar melhores soluções de conforto para as edificações. A metodologia usada nesta pesquisa é o modelo computacional, onde foram definido casos de estudos, simulados no mesmo modelo de edificação com os mesmos parâmetros de simulação e com diferentes especificações de vidros para responder melhor ao objetivo definido, nas simulações foram usados dois arquivos climáticos e fez-se comparação dos diversos casos com o mesmo arquivo e posteriormente uma comparação entre casos simulados nos dois diferentes arquivos climáticos, percebendo assim as variações de consumo de energia do edifício e a redução dos custo que determinou o conforto térmico interno em função deste panorama.

Palavras-chave: Simulação; Vidros; Conforto Térmico.

[1] Mestre em Arquitetura e Urbanismo. Instituto Superior Politécnico da Caála. Departamento de Engenharias e Tecnologias. Caála. Huambo. Angola.

[2] Mestre em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianopolis. Santa Catarina. Brasil.

ABSTRACT

This article focuses on various solutions for improving the internal thermal comfort of buildings through strategies linked to the types and specifications of glazing. A brief literature review was carried out of the various studies carried out on the subject, particularly those that use computer simulation methods to achieve better comfort solutions for buildings. The methodology used in this research is the computational model, where case studies were defined, simulated on the same building model with the same simulation parameters and with different glazing specifications to better respond to the defined objective. Two climate files were used in the simulations, and a comparison was made of the various cases with the same file and later a comparison between cases simulated in the two different climate files, thus realizing the variations in the building's energy consumption and the reduction in costs that determined internal thermal comfort because of this panorama.

Key-words: Simulation; Glazing; Thermal comfort.

RESUMEN

Este artículo se centra en las distintas soluciones para mejorar el confort térmico interior de los edificios mediante estrategias vinculadas a los tipos y especificaciones de acristalamiento. Se realizó una breve revisión bibliográfica de los diversos estudios realizados sobre el tema, en particular los que utilizan métodos de simulación computacional para lograr mejores soluciones de confort para los edificios. La metodología utilizada en esta investigación es el modelo computacional, donde se definieron casos de estudio, simulados en el mismo modelo de edificio con los mismos parámetros de simulación y con diferentes especificaciones de acristalamiento para responder mejor al objetivo definido. Se utilizaron dos archivos climáticos en las simulaciones y se realizó una comparación de los diversos casos con el mismo archivo y posteriormente una comparación entre los casos simulados en los dos archivos climáticos diferentes, realizando así las variaciones en el consumo energético del edificio y la reducción de los costos que determinaron el confort térmico interno como resultado de este panorama.

Palabras clave: Simulación; Acristalamiento; Confort térmico.

Introdução

Dentre as condicionantes projetais básicas aprendidas no decorrer de qualquer curso de Arquitetura e Urbanismo, um dos mais importantes, e por muitas vezes, pouco valorizado e pouco explorado por inúmeras razões, é a orientação solar. Seja pela existência de programas que oferecem habitações a um menor custo ao consumidor, ou em edifícios comerciais ou residenciais, onde geralmente existe uma limitação no desenvolvimento da configuração interna dos ambientes, observa-se uma menor preocupação no uso de estratégias para atendimento dessas condicionantes projetais básicas, inclusive no que se refere à orientação solar, e por muitas vezes, acabam sendo desconsideradas durante o desenvolvimento do projeto.

Conforme afirma Barbosa (2017), a maximização do lucro aliada a redução no tempo de execução por parte dos construtores afeta diretamente no atendimento ou não das condicionantes básicas, já que a repetição de tipologias arquitetónicas e materiais construtivos empregados sem levar em conta as especificidades do local de implantação, nem mesmo o desenvolvimento de estudos de implantação para verificar quais estratégias podem ser adotadas a fim de proporcionar uma melhoria no conforto térmico no interior da edificação são considerados. A consequência disto são projetos arquitetónicos mal adequados, que proporcionam desconforto térmico e apresentam pouca eficiência energética.

Nesse contexto, este artigo poderia explorar diferentes vertentes dentro desta temática. Porém, para que possamos alcançar resultados mais objetivos, reduzimos o nosso campo de investigação a uma análise de um modelo base com diferentes configurações e especificações de vidro para duas cidades diferentes.

Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é avaliar a influência de diferentes e especificações de vidros para um mesmo modelo base, ou seja, o quanto a configuração da fachada e a utilização de diferentes tipos de vidros influência na melhora ou não do conforto térmico e em uma mesma configuração de planta-baixa. Esta análise foi realizada sob forma de simulação computacional no software EnergyPlus, para as cidades de Nova Lisboa - Huambo-Angola e Brasília-Brasil. Foi modelado um pequeno edifício de escritórios e foram simulados oito casos com configurações de janelas, envolvendo a especificação do vidro e área de janela da fachada para dois arquivos climáticos diferentes.

Material e Métodos / Metodologia / Desenvolvimento

Modelo Computacional

Para fins de simplificação, optamos por trabalhar com um modelo base de planta retangular, medindo 8x6m.Este modelo representa um edifício pequeno de escritórios, conforme croqui da Figura 1. Consideramos que o modelo estudado possui os ambientes climatizados contendo apenas uma zona térmica e com duas fachadas adiabáticas (Sul e Oeste) , sem área de elevadores, as áreas de circulação e sanitários, também possuem climatização. Foram consideradas as seguintes características para o modelo:
Os dados do quadro abaixo foram incluídos nas simulações

Quadro 1: Características do modelo computacional

Distância de laje a laje (piso acabado)	3,60m
Pé-direito	2,80m
Distância do forro à laje	0,80m
Paredes	Alvenaria em bloco de concreto (U = 2,49W/m².K) Pintura externa com cor neutra (absortância = 0,50)
Ar condicionado	Splits com COP 3,20W/W Renovação de ar de 7,5l/s/pessoa
Cargas internas (densidade de ocupação média/alta)	Iluminação: 10W/m² Equipamentos: 10,2W/m² Pessoas: 8,3m²/posto de trabalho
Padrão de Uso	Ocupação e uso dos sistemas em dias úteis, das 8h às 20h, e aos sábados das 8h às 14h.

Fonte: Autores.

Figura 1: Modelo computacional utilizado



Fonte: Autores.

Para este único modelo base, foram modeladas janelas em fita em toda a extensão da fachada, considerando duas situações: janelas com altura de 1,30m e peitoril de 1,10m, totalizando 35% de razão de área de janela na fachada (WWR: Windows-to-Wall ratio), e janelas com altura de 1,80m e peitoril de 0,70m, totalizando 50% de razão de área de janela na fachada (WWR: Windows-to-Wall ratio). Não foram consideradas persianas ou cortinas na modelagem.

3.2 Casos Simulados

As alternativas de fachada foram geradas para avaliar o impacto das diferentes especificações de vidros em ambas as situações, para dois arquivos climáticos diferentes, Nova Lisboa e Brasília, conforme os parâmetros de simulação descritos no Quadro 2. Ao todo, foram simulados oito casos, e avaliados quatro tipos de vidro: laminado incolor, com Fator Solar (FS) de 84%; laminado verde com FS de 57%; reflecta cinza com FS de 39%; e cool lite SKN verde com FS de 31%.

Quadro 2: Parâmetros de simulação por caso

Caso	Nome do Modelo	WWR	Vidro	FS
1	WWR 40 FS 84	40%	Incolor laminado 6mm	84 %
2	WWR 40 FS 57	40%	Verde laminado 6mm	57 %
3	WWR 40 FS 39	40%	Reflecta Cinza	39 %
4	WWR 40 FS 31	40%	Cool Lite SKN Verde	31 %
5	WWR 40 FS 84	40%	Incolor laminado 6mm	84 %
6	WWR 40 FS 57	40%	Verde laminado 6mm	57 %
7	WWR 40 FS 39	40%	Reflecta Cinza	39 %
8	WWR 40 FS 31	40%	Cool Lite SKN Verde	31 %

Fonte: Autores.

Resultados e Discussão

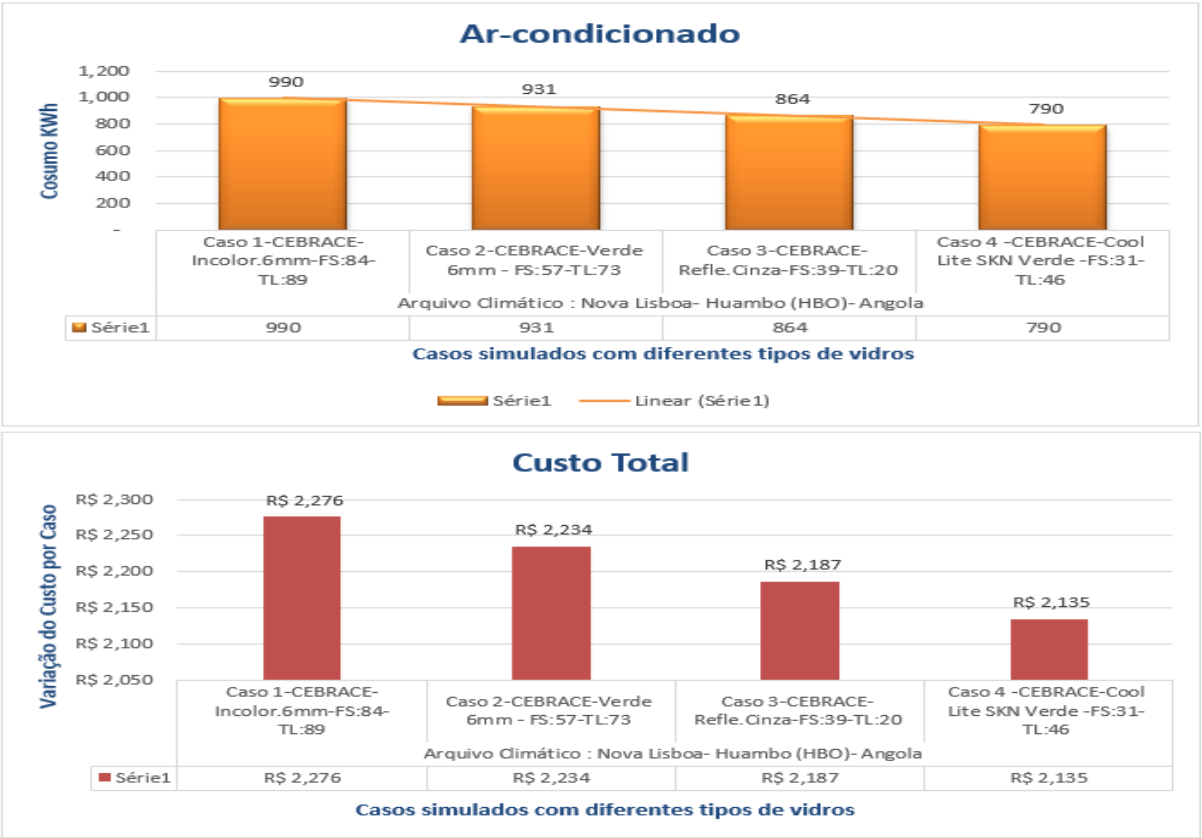
O edifício é simples - rés do chão sem afastamento de profundidade da zona, nenhuma zona por andar, com fachadas adiabáticas e os demais dados é conforme definido nas tabelas acima, foram usados dois arquivos climáticos de locais (países) diferentes conforme dito anteriormente. BRA_Brasilia.833780_SWERA(Brásil)eANG_HUA_Huambo.AP.663180_TMYx.wea (Angola).

Figura 2: Resultados da simulação- Arquivo Climático Nova Lisboa- Huambo/Angola

Uso Final	Arquivo Climático : Nova Lisboa- Huambo (HBO)- Angola			
	Caso 1-CEBRACE-Incolor.6mm-FS:84-TL:89	Caso 2-CEBRACE-Verde 6mm - FS:57-TL:73	Caso 3-CEBRACE-Refle.Cinza-FS:39-TL:20	Caso 4 -CEBRACE-Cool Lite SKN Verde -FS:31-TL:46
Aquecimento	23	22	25	30
Resfriamento	761	705	652	593
Iluminação	1,327	1,327	1,327	1,327
Equipamentos	934	934	934	934
Ventilação	207	203	187	167
TOTAL	**3,251**	**3,192**	**3,125**	**3,051**
Custo por Caso	R$ 2,276	R$ 2,234	R$ 2,187	R$ 2,135
Ar-condicionado	990	931	864	790
Iluminação	1,327	1,327	1,327	1,327
Outros	934	934	934	934

Fonte: Autores.

Gráficos 1 e 2 : Resultados da simulação



Fonte: Autores.

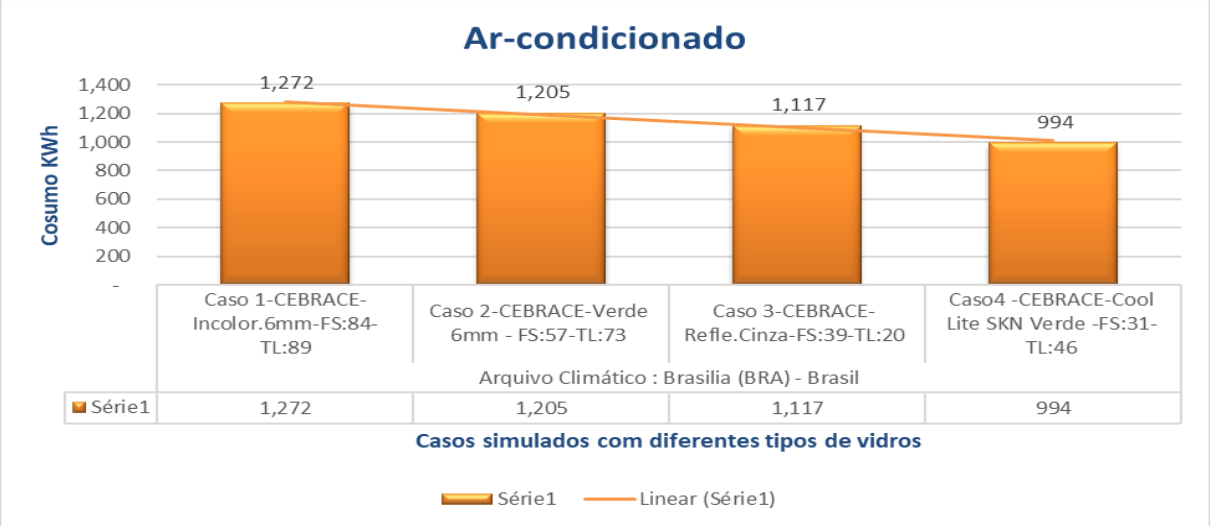
Os gráficos da Figura 2 apresentam para cada caso o consumo final do ar-condicionado na edificação em KWh (Kilowatts hora), variado em função do tipo de vidro utilizado e o custo final variado pelas mesmas razões. Simulados inicialmente com o arquivo climático de Nova Lisboa- Huambo.

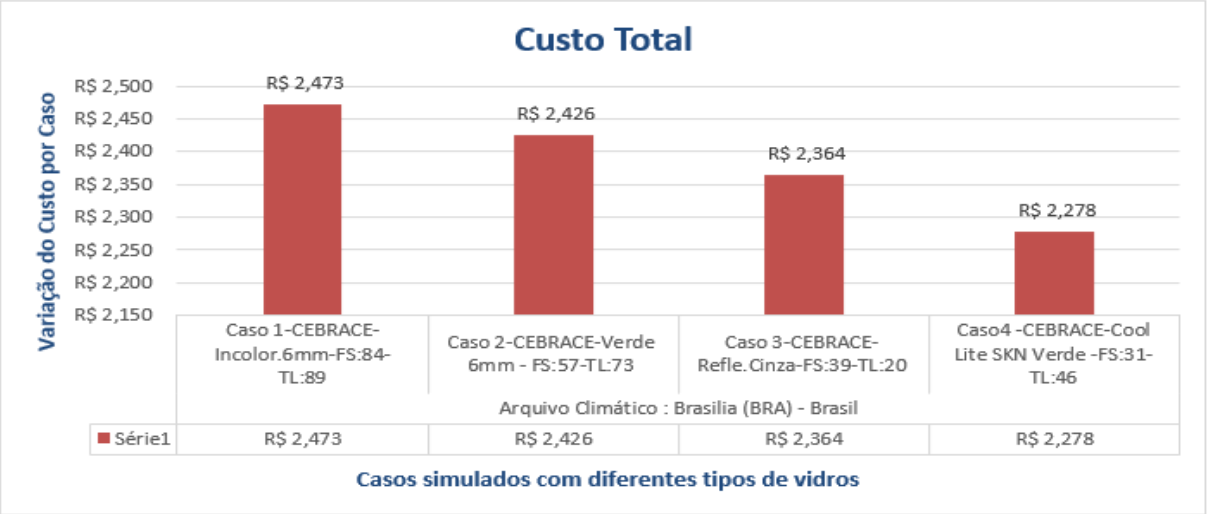
Nota-se que no caso 1 (primeiro), com WWR de 40% e vidro laminado incolor, com Fator Solar de 84%, o edifício consome mais energia com enfoque no ar-condicionado e consequentemente maior custo em relação os demais casos simulados (casos 2,3 e 4), observa-se que o caso 4 (quarto), com WWR de 40% e vidro cool lite SKN verde, com fator solar de 31% há menor consumo de energia e custos em relação aos demais casos (1, 2 e 3). Verifica-se uma variação significativa do consumo de energia (ar-condicionado) e dos custos totais entre os casos simulados, onde os valores mais altos de consumo de ar-condicionado e do custo total aparecem nas simulações onde o vidro apresenta um fator solar mais elevado, basta fazer um comparativo dos números do consumo de ar-condicionado do caso 1 em (990) kwh e o caso 4 em (790) kwh, o custo total do caso 1 (2,276) reais e o caso 4 (2,135) reais, a mesma tendência é notória entre todos os casos.

Figura 3 : Resultados da simulação- Arquivo Climático Brasília – Brasil

Uso Final	Arquivo Climático : Brasilia (BRA) - Brasil			
	Caso 1-CEBRACE-Incolor.6mm-FS:84-TL:89	Caso 2-CEBRACE-Verde 6mm - FS:57-TL:73	Caso 3-CEBRACE-Refle.Cinza-FS:39-TL:20	Caso4 -CEBRACE-Cool Lite SKN Verde -FS:31-TL:46
Aquecimento	1	0	0	1
Resfriamento	1,057	1,002	925	816
Iluminação	1,327	1,327	1,327	1,327
Equipamentos	934	934	934	934
Ventilação	214	202	191	177
TOTAL	**3,532**	**3,466**	**3,378**	**3,255**
Custo por Caso	R$ 2,473	R$ 2,426	R$ 2,364	R$ 2,278
Ar-condicionado	1,272	1,205	1,117	994
Iluminação	1,327	1,327	1,327	1,327
Outros	934	934	934	934

Gráficos 3 e 4 : Resultados da simulação





Fonte: Autores.

Os gráficos da Figura 3 apresentam para cada caso o consumo final do ar-condicionado na edificação em KWh (Kilowatts hora), variado em função do tipo de vidro utilizado e o custo final variado pelas mesmas razões. Simulados com o arquivo climático de Brasília- Brasil.

O comportamento dos resultados das simulações não muda, apresentando a mesma cadência que a do arquivo climático anterior variando apenas os números, no caso 1 (primeiro), com WWR de 40% e vidro laminado incolor, com Fator Solar de 84%, o edifício consome mais energia com enfoque no ar-condicionado e consequentemente maior custo em relação os demais casos simulados (casos 2,3 e 4), observa-se que o caso 4 (quarto), com WWR de 40% e vidro cool lite SKN verde, com fator solar de 31% há menor consumo de energia e custos em relação aos demais casos (1, 2 e 3).

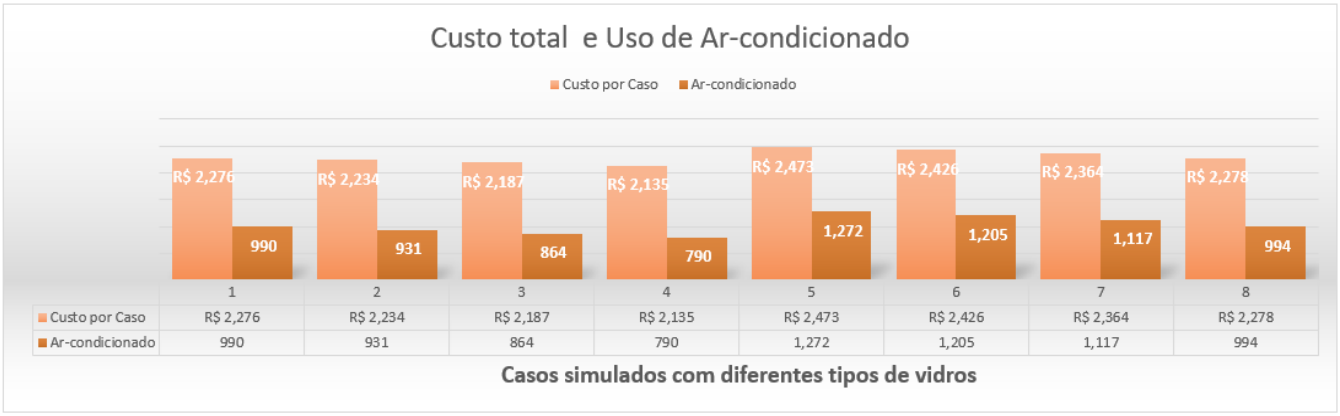
Verifica-se uma variação significativa do consumo de energia (ar-condicionado) e dos custos totais entre os casos simulados, onde os valores mais altos de consumo de ar-condicionado e do custo total aparecem nas simulações onde o vidro apresenta um fator solar mais elevado, basta fazer um comparativo dos números do consumo de ar-condicionado do caso 1 em (1,272) kwh e o caso 4 em (994) kwh, o custo total do caso 1 (2,473) reais e o caso 4 (2,278) reais, a mesma tendência é notória entre todos os casos.

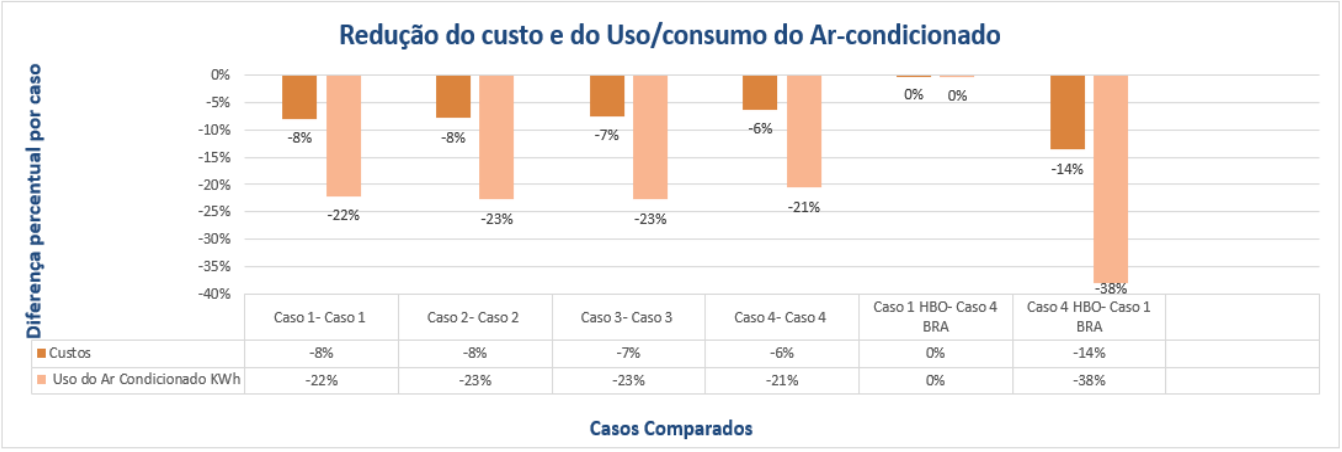
Figura 4 : Resultados da simulação- Arquivos Climáticos Nova Lisboa-Huambo/Angola e Brasília – Brasil

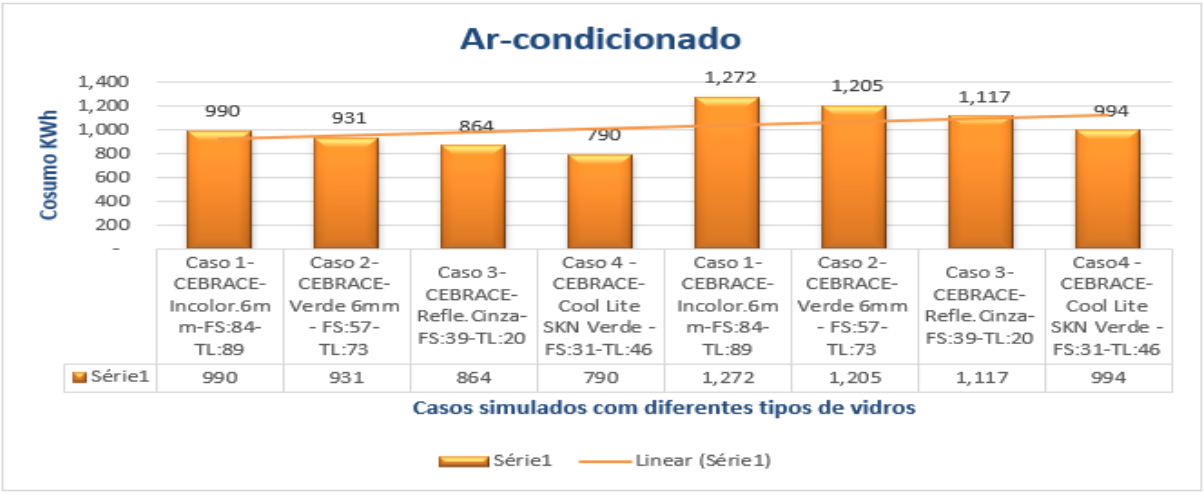
Uso Final	Arquivo Climático : Nova Lisboa- Huambo (HBO)- Angola				Arquivo Climático : Brasilia (BRA) - Brasil			
	Caso 1-CEBRACE-Incolor.6mm-FS:84-TL:89	Caso 2-CEBRACE-Verde 6mm - FS:57-TL:73	Caso 3-CEBRACE-Refle.Cinza-FS:39-TL:20	Caso 4 -CEBRACE-Cool Lite SKN Verde -FS:31-	Caso 1-CEBRACE-Incolor.6mm-FS:84-TL:89	Caso 2-CEBRACE-Verde 6mm - FS:57-TL:73	Caso 3-CEBRACE-Refle.Cinza-FS:39-TL:20	Caso4 -CEBRACE-Cool Lite SKN Verde -FS:31-
Aquecimento	23	22	25	30	1	0	0	1
Resfriamento	761	705	652	593	1,057	1,002	925	816
Iluminação	1,327	1,327	1,327	1,327	1,327	1,327	1,327	1,327
Equipamentos	934	934	934	934	934	934	934	934
Ventilação	207	203	187	167	214	202	191	177
TOTAL	**3,251**	**3,192**	**3,125**	**3,051**	**3,532**	**3,466**	**3,378**	**3,255**
Custo por Caso	R$ 2,276	R$ 2,234	R$ 2,187	R$ 2,135	R$ 2,473	R$ 2,426	R$ 2,364	R$ 2,278
Ar-condicionado	990	931	864	790	1,272	1,205	1,117	994
Iluminação	1,327	1,327	1,327	1,327	1,327	1,327	1,327	1,327
Outros	934	934	934	934	934	934	934	934
Diferença %	**Caso 1- Caso 1**	**Caso 2- Caso 2**	**Caso 3- Caso 3**	**Caso 4- Caso 4**	**so 1 HBO- Caso 4 B**	**so 4 HBO- Caso 1 B**		
Custos	-8%	-8%	-7%	-6%	0%	-14%		
Uso do Ar Condicionado KWh	-22%	-23%	-23%	-21%	0%	-38%		

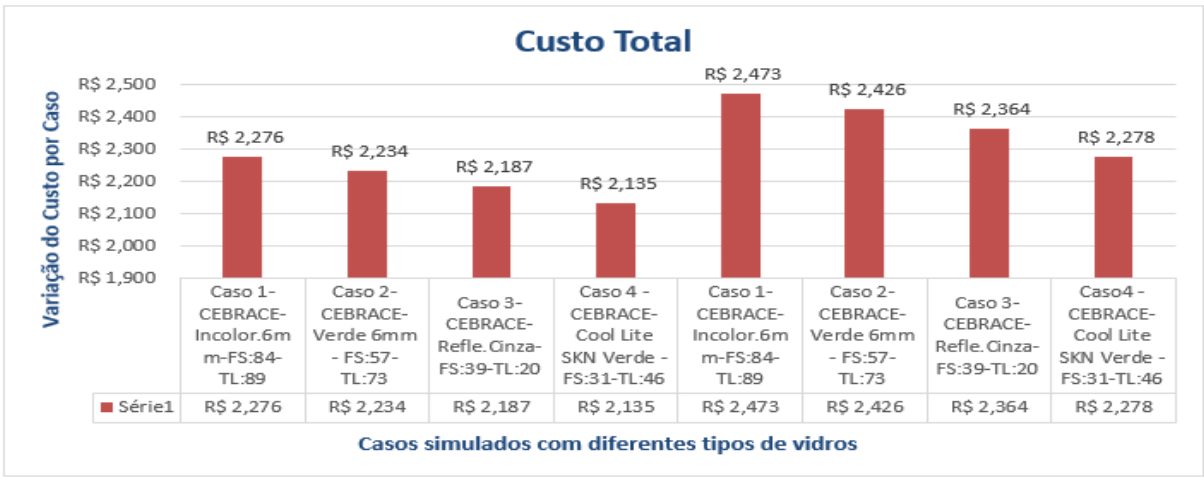
Fonte: Autores.

Gráficos 5,6,7 e 8 : Resultados da simulação









Fonte: Autores.

Os gráficos da Figura 4 apresentam um panorama comparativo do conforto térmico interno entre os casos simulados nos dois arquivos climáticos, onde é notória a grande diferença no consumo final do ar-condicionado na edificação em kwh (Kilowatts hora) dos casos simulados com as mesmas especificações de vidros mudando apenas como é lógico o arquivo climático, a variação dos custos entre os casos com as mesmas especificações de vidro também é evidenciada, em que nos casos onde os níveis de consumo de energia são mais altos consequentemente os custos também torna-se elevados. O fato interessante que chama muita atenção nesta comparação é que, o caso 1(primeiro) na simulação com arquivo climático de Nova Lisboa-Huambo, com WWR de 40% e vidro laminado incolor, com Fator Solar de 84%, mostrou-se como sendo o mais crítico, com os níveis mais elevados do consumo de ar-condicionado e custo total, mas quando observamos o melhor caso (menor consumo de ar-condicionado e custo total) caso 4 (quarto), com WWR de 40% e vidro cool lite SKN verde, com fator solar de 31% da simulação com o arquivo climático de Brasília-Brasil, ainda assim o caso mais crítico do arquivo de Nova Lisboa-Huambo apresenta menores números proporcionando assim mais conforto térmico interno. Independentemente de terem sido usados especificações de vidros diferentes para estes dois casos, mesmo assim é necessária esta observação mostrando que na busca do conforto térmico interno todos parâmetros são extremamente relevantes.

Os mesmos gráficos também fazem um comparativo em termos percentuais da redução do consumo de ar-condicionado e custo total, do mesmo caso (mesmas especificações de vidros) num arquivo climático e no outro.

Para os casos: caso 1- caso 1 (arquivo climático de Nova Lisboa- Huambo e Brasília), com WWR de 40% e vidro laminado incolor, com Fator Solar de 84%, observou-se que houve uma redução de 22% do consumo do ar-condicionado e 8% do custo total, sendo que estas reduções foram registadas no arquivo de Nova Lisboa- Huambo. No caso 2 -caso 2 com WWR de 40% e vidro verde laminado, com Fator Solar de 57 %, reduziu 23% do consumo do ar-condicionado e 8% do custo total, o caso 3- caso 3 com WWR de 40% e vidro reflecta cinza com Fator Solar de 39%, baixou 23% do consumo de ar-condicionado e 7% no custo total, caso 4- caso 4 com WWR de 40% e vidro cool lite SKN verde com Fator Solar de 31%, reduziu 2% do consumo de ar-condicionado e 6% no custo total, fez-se também uma comparação entre o caso mais crítico do arquivo do Huambo e o melhor caso (com melhor desempenho térmico) do arquivo de Brasília, caso 1 HBO- caso 4 BRA viu-se que a diferença percentual é de 0% tanto para o consumo de ar-condicionado como para os custos e fez-se a comparação do caso com melhor desempenho térmico do arquivo Huambo e o caso mais crítico do arquivo Brasília, caso 4 HBO- caso 1 BRA as diferenças são abismais, com menos de 38% no consumo do ar-condicionado e 14% no custo total. Mostrando mais uma vez que para além das especificações de vidros tantos outros critérios (climáticos) e parâmetros mostram-se como peças fundamentais na redução do consumo final de energia e dos custos.

Conclusões

Para este estudo nos diversos casos simulados pode-se comprovar, que a obtenção de conforto térmico interno desejado na edificação é transversal a todos elementos arquitetónicos e climáticos, neste caso específico constatou-se que os tipos de vidros são predominantes para proporcionar conforto térmico interno, porque quando simulados casos com os mesmos parâmetros, no mesmo arquivo climático com especificações de vidros diferentes são notáveis as variações. Por outro lado, o aspeto climático também é determinante, sendo que, nos casos simulados com os mesmos parâmetros, e vidros, mas arquivos climáticos diferentes os níveis de diferença de consumo de ar-condicionado e custo foram bastante significativos.

No que concerne às especificações de vidros, o fator solar mostrou-se como sendo predominante, visto que, na medida em que o FS muda também os níveis de consumo e custos alteram significativamente. Entende-se que para melhor solução de fachadas, paralelamente a espessura, e a coloração do vidro é necessário que se tenha em atenção o FS do mesmo, que tem bastante participação no conforto térmico interno.

Dizer que os parâmetros de simulação, os vidros e o clima são preponderantes neste estudo, mas também referenciar que deve-se levar em consideração o tamanho da edificação em estudo e as diferentes especificações técnicas da mesma que podem influenciar no resultado dos dados simulados, neste caso impacta significativamente no conforto térmico interno desejado.

Referências Bibliográficas

1. ARAÚJO NETO, P. C. de (2018). Análise da influência da área de abertura no conforto térmico em ambientes residenciais no contexto climático de Brasília. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 93p.

2. A. N., Paulo Cabral de. Análise da influência da área de abertura no conforto térmico em ambientes residenciais no contexto climático de Brasília. Dissertação de Mestrado

3. BARBOSA, Kácia Henderson. Avaliação da influência da orientação solar, associada ao comportamento do usuário, no desempenho térmico de uma tipologia de residência unifamiliar em Goiânia. UFSC. Florianópolis, 2017. 225p.

4. RUBIN M, CHRISTIAN K, ARASTEH D, HUIZENGA C, TIFANG Y, CURCIJA D. WINDOW 5.0 user manual. Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL 44789; 2001.

5. SULLIVAN R. Thermal comfort issues in the LRI study, internal memorandum/report, window and daylighting group. Lawrence Berkeley National Laboratory; 1986a, 1986b.

6. FINLAYSON EU, ARASTEH DK, HUIZENGA C, RUBIN MD. WINDOW4.0: Documentation of calculation procedures. Lawrence Berkeley National Laboratory; LBL 33943; 1993.