ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Ferramenta metodológica P-Balance para avaliação integrada de desempenho de fachadas

Methodological tool P-Balance for integrated façade performance assessment

Melissa Marina Freitas Cacciatori
BEM+arch | Sorocaba | Brasil | melissa@bemarch.com.br
Marcelo de Andrade Roméro
Belas Artes | São Paulo | Brasil | marcelo_romero@icloud.com

Resumo

Em consultorias para avaliação integrada de desempenho de fachadas de edifícios, com múltiplos indicadores de conforto ambiental e eficiência energética, os prazos exíguos dos projetos, a complexidade das análises e a dificuldade de comunicar resultados aos tomadores de decisão, não especialistas, são desafios a serem superados. Com o objetivo de simplificar este tipo de avaliação, tornando-o mais objetivo, ágil, amigável e científico, foi desenvolvida a ferramenta-metodológica P-balance, que oferece uma visualização gráfica e um método de avaliação que suportam abordagens de projeto integrado. Alinhado com a metodologia científica *Design Science Research* (DSR), o desenvolvimento incluiu a aplicação criteriosa de técnicas de visualização de dados (TVD) para condensar grandes quantidades de dados obtidos via simulação computacional. A aplicação de protótipos da P-Balance permitiram concluir sobre sua utilidade na simplificação de processos de avaliação multiobjetivo, e na redução do tempo de avaliação, e consultorias, na medida em que torna mais ágeis as análises e as decisões, promovendo comunicação eficaz, integração e elevação da maturidade técnica das equipes de projeto.

Palavras-chave: Avaliação integrada de edifícios. Simulação de desempenho de edifícios. Visualização de dados. Tomada de decisão em projeto. Otimização multiobjetivo.

Abstract

In building façade integrated assessment consultancies, multiple performance indicators for environmental comfort and energy efficiency, tight project deadlines, the complexity of analyses, and the difficulty of communicating results to non-specialist decision-makers present challenges to be overcome. To simplify the process of this type of assessment and make it more objective, agile, user-friendly, and scientific, the P-balance methodological tool was developed. It offers graphical visualization and an evaluation method that supports integrated design approaches. Aligned with the Design Science Research (DSR) methodology, the development included the careful application of data visualization techniques (DVT) to condense large amounts of data obtained through computer simulation. The application of P-Balance prototypes demonstrated its usefulness in simplifying multi-objective evaluation processes and

Como citar:
CACCIATORI, M.; ROMÉRO, M. Ferramenta metodológica P-Balance para avaliação integrada de desempenho de fachadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

reducing evaluation and consulting time, as it speeds up analyses and decisions, promoting effective communication, integration, and enhancing the technical maturity of project teams.

Keywords: Integrated Building Assessment. Building Performance Simulation. Data Visualization. Project Decision Making. Multiobjective Optimization.

INTRODUÇÃO

Tecnologias que permitem a implementação de uma abordagem de Projeto Orientado ao Desempenho (POD) estão disponíveis e em processo de evolução constante. Destacam-se ferramentas de simulação computacional e métodos de tomada de decisão multicritério [1], algoritmos de otimização por inteligência artificial e aprendizagem de máquinas [2][3][4], *Design* Paramétrico e o *Design* Generativo [5] [6], além de ferramentas BIM que possibilitam abordagens de Projeto Integrado (PI).

Em um contexto de Projeto Convencional (PC), não integrado, consultorias para avaliação de desempenho de fachadas, particularmente para avaliar conforto ambiental e eficiência energética de edifícios de escritórios de alto padrão, são demandadas em estágios avançados de projeto [7]. Neste contexto, destacam-se alguns obstáculos para a implementação efetiva das tecnologias citadas, em consultorias e projetos:

- Ausência de Técnicas de Visualização aplicadas adequadamente [8];
- Necessidade de melhorias dos requisitos de interoperabilidade de componentes, automação, parametrização, documentação e programação [9];
- Limitações do potencial de interpretação das soluções das ferramentas de otimização existentes, da participação dos arquitetos no processo de decisão e da capacidade de desenvolvimento de estruturas de programação, que requerem habilidades específicas [10];
- Necessidade de se considerar a subjetividade do processo de tomada de decisão [11][12][13], dada a relevância de influências das atitudes e comportamentos de decisão das partes interessadas [14][15];
- Limitações técnicas, normativas e de ferramentas quanto à disponibilização de indicadores de desempenho para a representação adequada do desempenho integrado.

O desenvolvimento de dispositivos, tais como ferramentas e métodos de avaliação, que possam ser implementados em curto prazo, apresenta-se como um caminho para uma transição efetiva para as abordagens de POD e PI. Estes dispositivos devem permitir:

1. Análises multiobjetivo de alternativas de projeto, com maior objetividade e agilidade, visando a redução do tempo de avaliação e melhor adequação aos requisitos de prazos dos projetos;

2. Comunicação amigável, ágil e eficaz com tomadores de decisão de projeto;

3. Incorporar efetivamente as avaliações integradas de desempenho como processo de projeto, e não apenas como instrumentos de verificação de atendimento de

requisitos e critérios normativos ou de certificações, após a definição das soluções projetuais terem sido decididas.

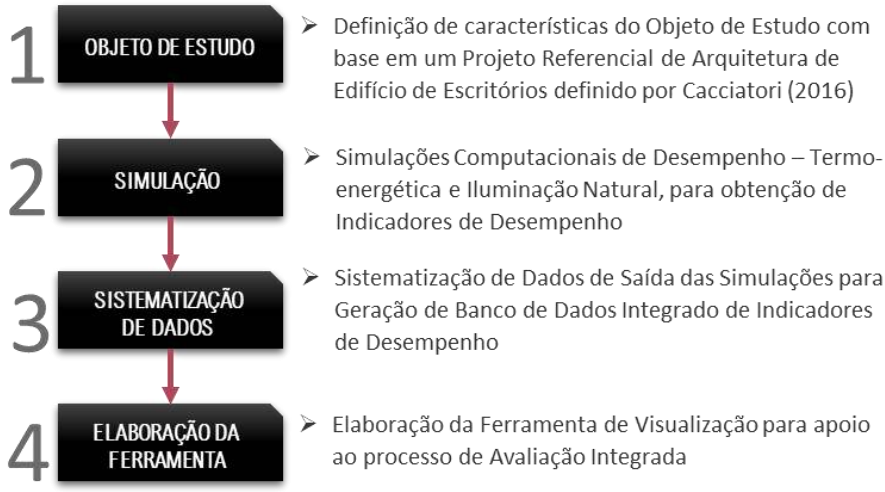
OBJETIVO

É estabelecido portanto, o objetivo de desenvolver uma ferramenta metodológica para avaliação integrada de desempenho, que permita a análise simultânea de indicadores de conforto térmico, lumínico e eficiência energética e atenda as demandas enunciadas acima.

MÉTODO

Seguindo o processo definido pela metodologia científica DSR, focada na criação e avaliação de artefatos para resolver problemas e aprimorar as práticas atuais, o desenvolvimento da ferramenta P-Balance (*Performance Balance*) contemplou as etapas de: identificação do problema, revisão da literatura, *design* e desenvolvimento, demonstração do artefato, avaliação e comunicação. Neste artigo são destacados detalhes da etapa de desenvolvimento, executada em 4 Passos, resumidos no esquema da Figura 1.

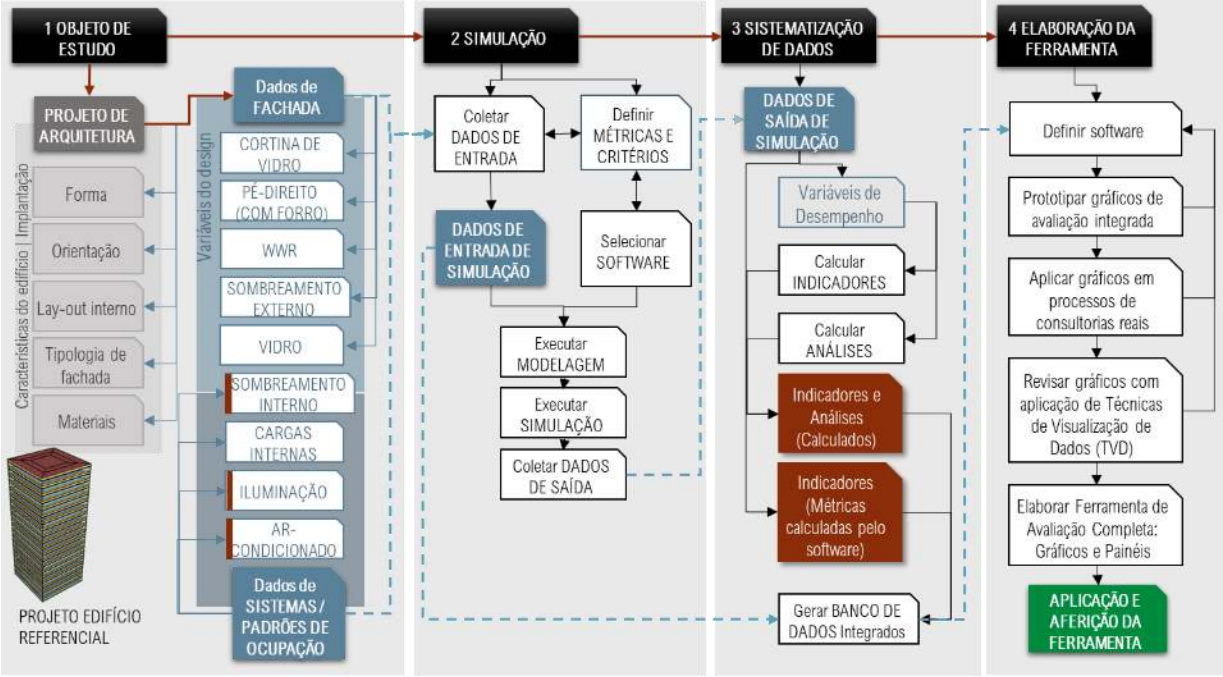
Figura 1: Esquema resumo da etapa de desenvolvimento da ferramenta P-Balance



Fonte: o autor.

Para o desenvolvimento, aplicação e teste da ferramenta, é necessário um banco de dados de indicadores de desempenho para alternativas de projeto de fachada. Este e outros produtos, bem como processos da etapa estão indicados no fluxograma da Figura 2.

Figura 2: Fluxograma com processos do desenvolvimento da ferramenta P-Balance

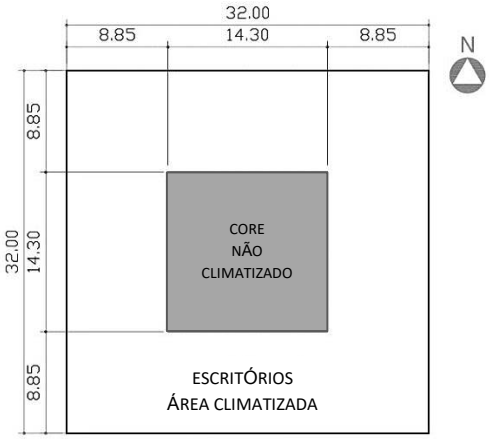


Fonte: o autor. Adaptado de [18].

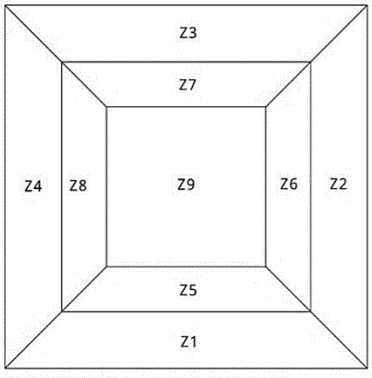
Destacam-se 3 aspectos do estudo base, importantes para a leitura posterior dos componentes da ferramenta:

1. Características do Objeto de Estudo: um edifício de escritórios de 20 pavimentos (Figura 3) (Quadro 1);
2. Configurações do estudo paramétrico definido para a aplicação da ferramenta P-Balance, que conta com a variação de parâmetros de WWR e brises (Figura 4), vidros (Quadro 2) e persianas (Quadro 3);
3. Indicadores adotados para a avaliação de desempenho de cada alternativa paramétrica de projeto em análise (Quadro 4).

Figura 3: Edifício referencial de escritórios



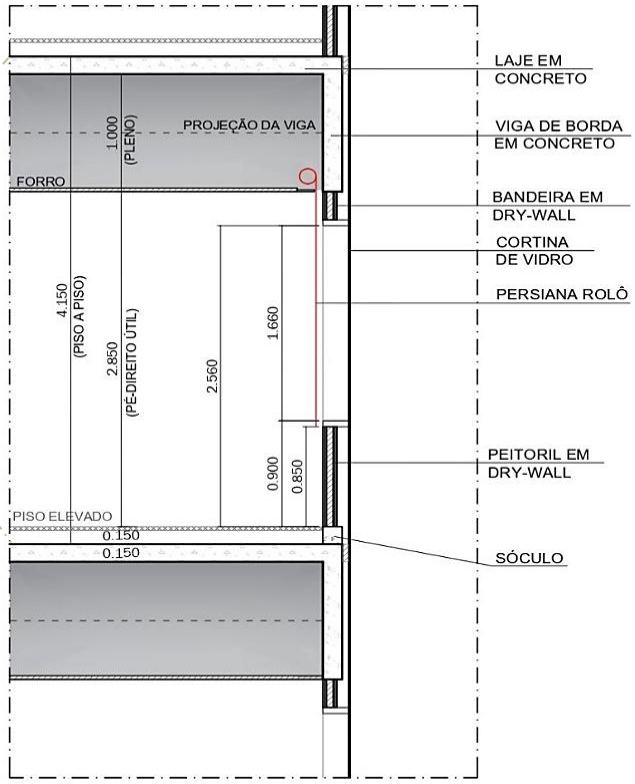
3-A PLANTA PAVIMENTO TIPO 1000m²
SEM ESCALA



3-B ZONEAMENTO TÉRMICO PARA SIMULAÇÃO
SEM ESCALA



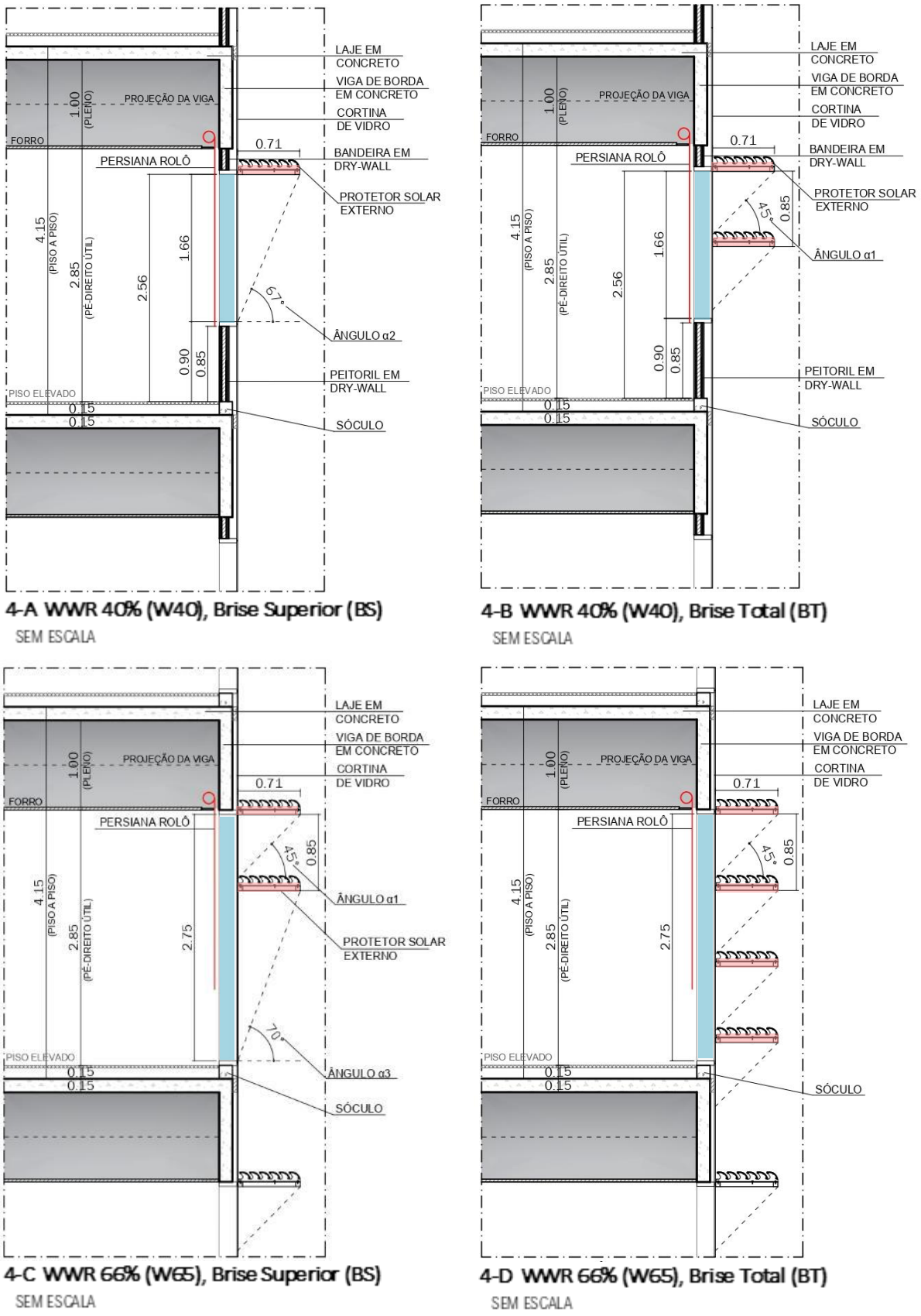
3-C PERSPECTIVA
SEM ESCALA



3-D CORTE ESQUEMÁTICO – WWR 40% (W40), SEM BRISES (SB)
SEM ESCALA

Notas: Adotou-se a indicação de área aproximada de 1000m². A área efetiva do pavimento tipo é de 1024m²; *Window-to-wall ratio (*WWR) expressa a relação entre área de total de fachada (externa) e área transparente. Fonte: [16][17]

Figura 4: Cortes esquemáticos com variações de WWR e Brises



Fonte: [16][17]

Quadro 1: Resumo de dados de entrada fixos dos modelos simulados

Dados	Unidade	Parâmetros / Características
Arquivo climático		São Paulo / BRA_SP_Sao.Paulo-Congonhas.AP.837800_TMYx.2004-2018
Densidade de potência interna total – pessoas + iluminação + equipamentos	(W/m²)	40,3
Ar-Condicionado - Tipologia	-	Sistema Central - Chiller parafuso com condensação a água - Sistema de bombeamento: circuito primário constante com secundário variável (ASHRAE 90.1-2010)
Ar-Condicionado - Setpoint de temperatura para Aquecimento / Resfriamento	(°C)	20 / 24
Controle de Iluminação	-	Dimerização da iluminação Geral das zonas periféricas (fração de dimerização: 0.78) - DPI 5.5 W/m2, *setpoint* 300 lux. Iluminação complementar de tarefa (1.5 W/m2) não dimerizada

Fonte: o autor. Adaptado de [18].

Quadro 2: Caracterização simplificada dos vidros

ID Vidro	Descrição	Fator U (W/m².K) INVERNO	Fator Solar (SCGH) [%]	Transmissão Visível (Tvis) [%]
V27	Insulado (28mm)	1.758	27	33
V44	Laminado (14mm)	5.484	44	37
V61	Laminado (14mm)	5.486	61	67

Fonte: o autor. Adaptado de [18].

Quadro 3: Caracterização simplificada dos tecidos

ID Persiana	Descrição	Transmi - tância Solar (Tsol) [%]	Reflexão Solar (Rsol) [%]	Transmissão Visível (Tvis) [%]	Reflexão Visível (Rvis) [%]
P00	Sem Persiana	-	-	-	-
P53	P53-UNIFLEX-STYLE4903-V03-FACE-OF3	4	53	5	53
P68	P68-UNIFLEX-3031-THSCR-WHITE-OF3	20	68	16	79
P71	P71-UNIFLEX-673-Pearl-PLTSC-OF5	7	71	7	70
Pext	Pext-UNIFLEX-TEXTILENE-80 - BLACK	27	10	27	10

Fonte: [18]. Adaptado de [18].

Quadro 4: Métricas e indicadores para avaliação integrada

Grupo de Indicadores / Software de Simulação	Indicador de Desempenho	Descrição	Critério
Eficiência Energética (Obtidos por meio Simulação em EnergyPlus)	**CTr total (%)**	Carga Térmica (CT) Total relativa (r): é a variação de CT de dimensionamento do sistema de HVAC, ou seja, a CT crítica, em relação ao referencial adotado - modelo com menor proteção térmica de fachada	CTr Total < -10% = Classe 1 0 < CTr Total ≤ -10% = Classe 2 CTr Total ≥ 0 = Classe 5
	CONr (%)	Consumo (CON) relativo (r): variação do consumo dos modelos, em relação ao modelo de referência	CONr < -15% = Classe 1 0 < CONr ≤ -15% = Classe 2 CONr ≥ 0 = Classe 5
	CAEr (%)	Custo Anual de Energia (CAE) relativo (r): é a variação do custo de energia em relação ao modelo referencial	CAEr < -15% = Classe 1 0 < CAEr ≤ -15% = Classe 2 CAEr ≥ 0 = Classe 5
Desempenho e Conforto Térmico (Obtidos por meio de Simulação em EnergyPlus)	**PMVh,a (%)**	Predicted Mean Vote (PMV) - Voto Médio Predito, percentual de horas (h) de atendimento anual (a) do critério PMV segundo ASHRAE 55	PMVh,a ≥ 90% = Classe 1 90% < PMVh,a ≤ 80% = Classe 2 80% < PMVh,a ≤ 70% = Classe 3 70% < PMVh,a ≤ 60% = Classe 4 PMVh,a < 60% = Classe 5
	DPJa,r (%):	Densidade de Potência de Janela (DPJ) anual (a) relativo (r): é a variação de DPJ em relação ao modelo de referência. DPJ é a carga térmica de janela dividida pela área de piso climatizada (W/m²).	DPJa,r < -15% = Classe 1 0 < DPJa,r ≤ -15% = Classe 2 DPJa,r ≥ 0 = Classe 5

Nota : A DPJ foi calculada neste caso com base no balanço de carga térmica da janela – ganhos + perdas. Em trabalhos futuros, deverá ser calculado apenas com base em ganhos de carga térmica. Fonte: o autor. Adaptado de [18].

Quadro 4 (Continuação): Métricas e Indicadores para avaliação integrada

Grupo de Indicadores / Software de Simulação	Indicador de Desempenho	Descrição	Critério
Desempenho Lumínico (Obtidos por meio de Simulação em Rhino + Climate Studio [22])	**sDA (%)**	Spatial Daylight Autonomy (sDA) - Autonomia Espacial de Iluminação Natural, global de cada modelo, não é relativo	sDA ≥ 75% = Classe 1 75% < sDA ≤ 40% = Classe 2 sDA < 40% = Classe 5
	ASE (%)	Annual Sunlight Exposure (ASE) – Exposição Solar Anual, absoluto, de cada modelo, não é relativo	ASE ≤ 10% = Classe 1 10% < ASE ≤ 40% = Classe 4 ASE > 40% = Classe 5
	ASE blinds (%)	Exposição Solar anual considerando persianas ativas, absoluto, de cada modelo, não é relativo	ASEb ≤ 5% = Classe 1 ASEb > 5% = Classe 5
	UDIa (%)	Useful daylight illuminance (UDI) - Iluminância útil aceitável (a)	UDIa ≥ 75% = Classe 1 75% < UDIa ≤ 50% = Classe 2 50% < UDIa ≤ 35% = Classe 3 35% < UDIa ≤ 20% = Classe 4 UDIa < 20% = Classe 5
	UDIe (%)	Useful daylight illuminance (UDI) - Iluminância útil excessiva (e)	UDIe ≤ 10% = Classe 1 10% < UDIe ≤ 30% = Classe 3 30% < UDIe ≤ 50% = Classe 4 UDIe > 50% = Classe 5
Geral	**Nota de Ranking Global**	Média aritmética simples dos módulos dos valores de cada indicador. Não é calculada e tem valor zero quando CTr total ≥ 0 ou, se sDA < 40%, ou se ASE > 10% ou, se ASE blinds > 5%. Tem função complementar no método proposto. Estabelece referência numérica, que representa de forma resumida a relação entre as alternativas analisadas. O cálculo não reflete a hierarquia entre aspectos analisados, que neste método é determinado de forma dinâmica pela equipe de projeto durante o processo de seleção	não há critério estabelecido

Fonte: o autor. Adaptado de [18].

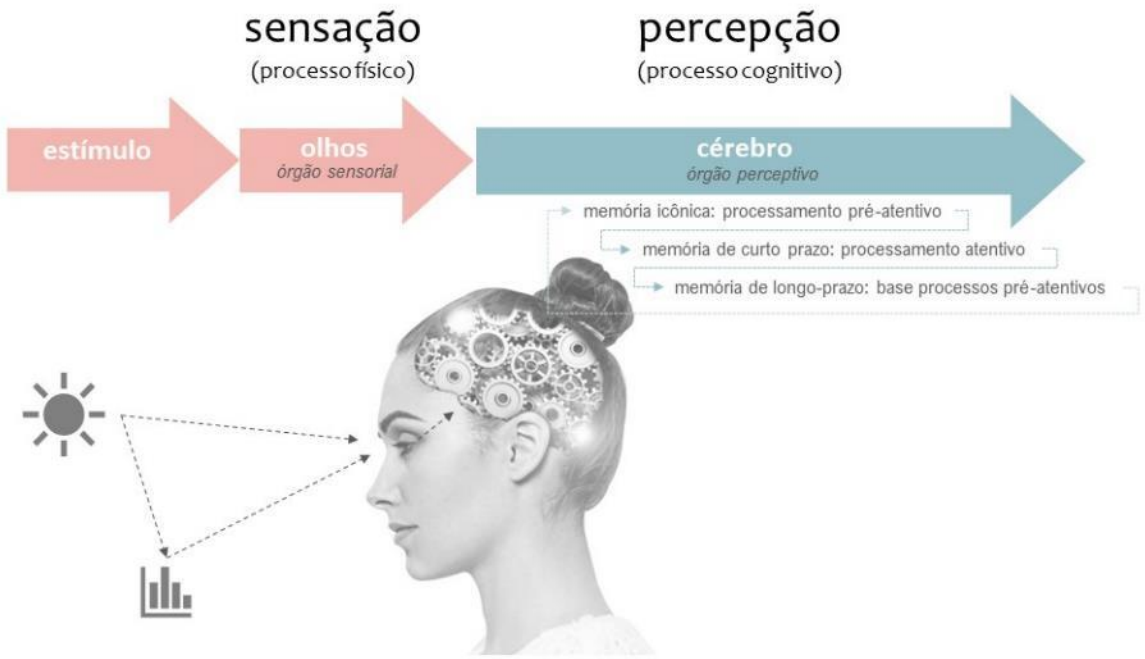
Como parte fundamental da etapa de desenvolvimento, destaca-se a aplicação de Técnicas de Visualização de Dados (TVD), como estratégia central para responder às demandas de (a) aumentar a agilidade em avaliações multiobjetivo, (b) tornar eficiente a comunicação de resultados aos tomadores de decisão e (c) promover práticas de POD e PI. Permitir a identificação de informações úteis é a chave para a valorização efetiva de processos de obtenção de dados de desempenho de edifícios, como

simulações computacionais e outras áreas que trabalhem com dados, como salienta o autor Stephen Few:

> *A habilidade de encontrar o que é útil nas montanhas de dados que nos cercam, dar-lhes sentido e então apresentá-los clara e precisamente forma a fundação na qual a era da informação irá finalmente completar sua promessa. A menos que uma voz clara seja dada à informação, suas histórias importantes não serão ouvidas e a ignorância prevalecerá.* [19, xvi]

Proporcionar uma percepção rápida de informações significativas foi o principal critério definido para a seleção de regras de representação gráfica de informações quantitativas [19][20][21] aplicáveis ao desenvolvimento da ferramenta. O poder de gráficos em comunicar de forma efetiva está relacionado à adequação destes elementos às capacidades e potências do processo visual humano (Figura 5) (Quadro 5).

Figura 5: Fluxo Esquemático da Percepção e Processamento de informações visuais



Fonte: [18][19]

Quadro 5: Resumo das Características dos tipos de Memória participantes do processo de percepção visual

Características	Memória Icônica	Memória de curto-prazo	Memória de longo-prazo
Parte do processo	Recebe estímulos captados pelos olhos	Recebe informações visuais da Memória Icônica	Recebe e armazena informações da Memória de curto-prazo
Responsável por	Registrar informações visuais antes de enviar para Memória de Curto-Prazo	Gerar blocos de informação visual significativas	Armazenar informação para acesso futuro; fundamental para nossa capacidade de reconhecer padrões significativos

Duração	Extremamente rápido - menos que 1 segundo	Rápido, mas temporário - de poucos segundos à algumas horas, se a informação for periodicamente acessada	Lento - depende de repetir o acesso à informação várias vezes
Tipo de Processamento de Informação	Inconsciente Automático Pré-atentivo	Consciente Esforço cognitivo Atentivo	Consciente ou não
Limites	Limite de percepção simultânea para cada tipo de atributo pré-atentivo e conjunto destes atributos. P. ex. No máximo 8 cores, 4 tamanhos, 4 orientações.	3 ou 4 blocos de informação são armazenados por vez; o tamanho variável dos blocos de informação.	Não estabelecidos

Fonte: [18]

O uso de atributos pré-atentivos (Quadro 6) e princípios da Gestalt (Quadro 7) foram preferencialmente explorados, com o objetivo de privilegiar a percepção rápida de informações significativas.

Quadro 6: Atributos de Processamento Pré-atentivo

Tipo	**Atributo**	**Percebidos Quantitativamente?**
Forma	Comprimento	Sim
	Espessura	Sim, mas limitado
	Orientação	Não
	Tamanho	Sim, mas limitado
	Forma	Não
	Borda	Não
Cor	Matiz	Não
	Intensidade	Sim, mas limitado
Posição	Posição 2-D	Sim
Movimento	Direção	Não

Fonte: [18][19][20]

Quadro 7: Princípios de Percepção Visual da Gestalt

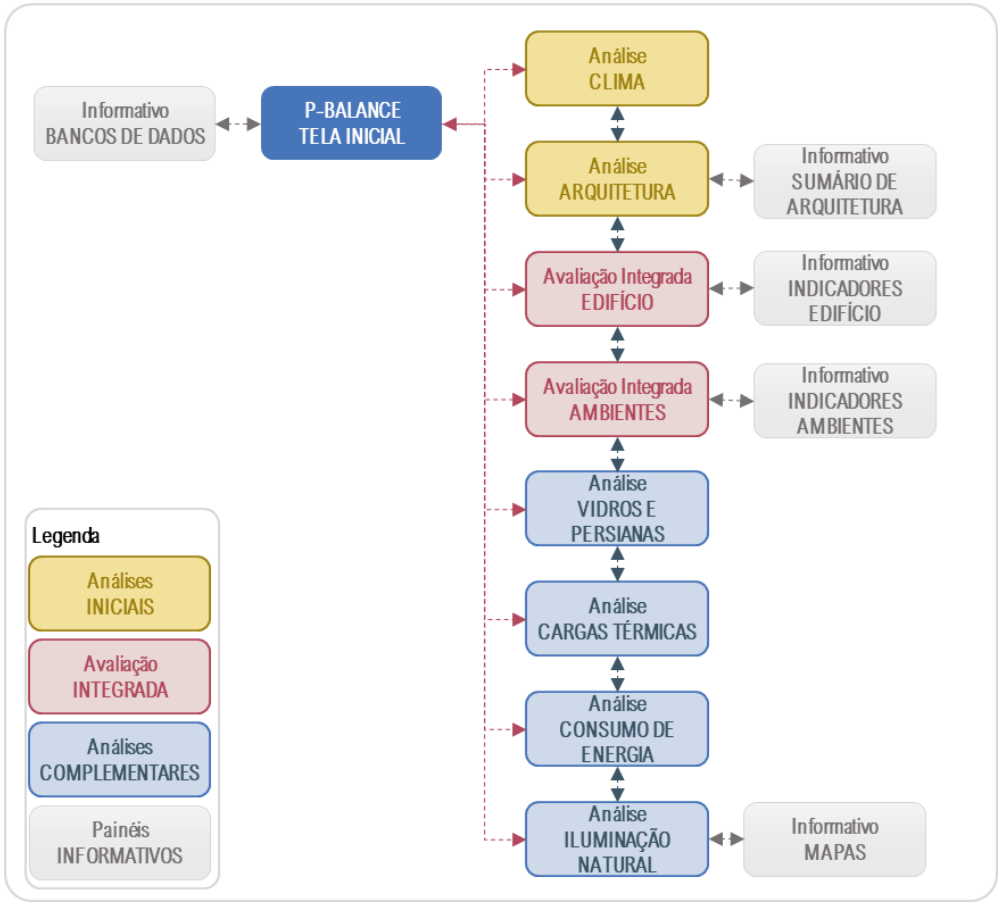
Princípio	**Descrição**
Proximidade	Objetos mais próximos são percebidos como um conjunto
Similaridade	Objetos com mesmos atributos como cor ou forma, são percebidos como conjunto
Borda	Objetos que parecem ter um limite, como uma borda ao seu redor, são percebidos como conjunto
Borda aberta	Estruturas abertas são percebidas como fechadas, completas e regulares, sempre que percebidas dessa forma
Continuidade	Objetos alinhados e sobrepostos parecem ser uma continuação um do outro e são percebidos como conjunto
Conexão	Objetos conectados por uma linha, são percebidos como conjunto

Fonte: [18][19]

RESULTADOS

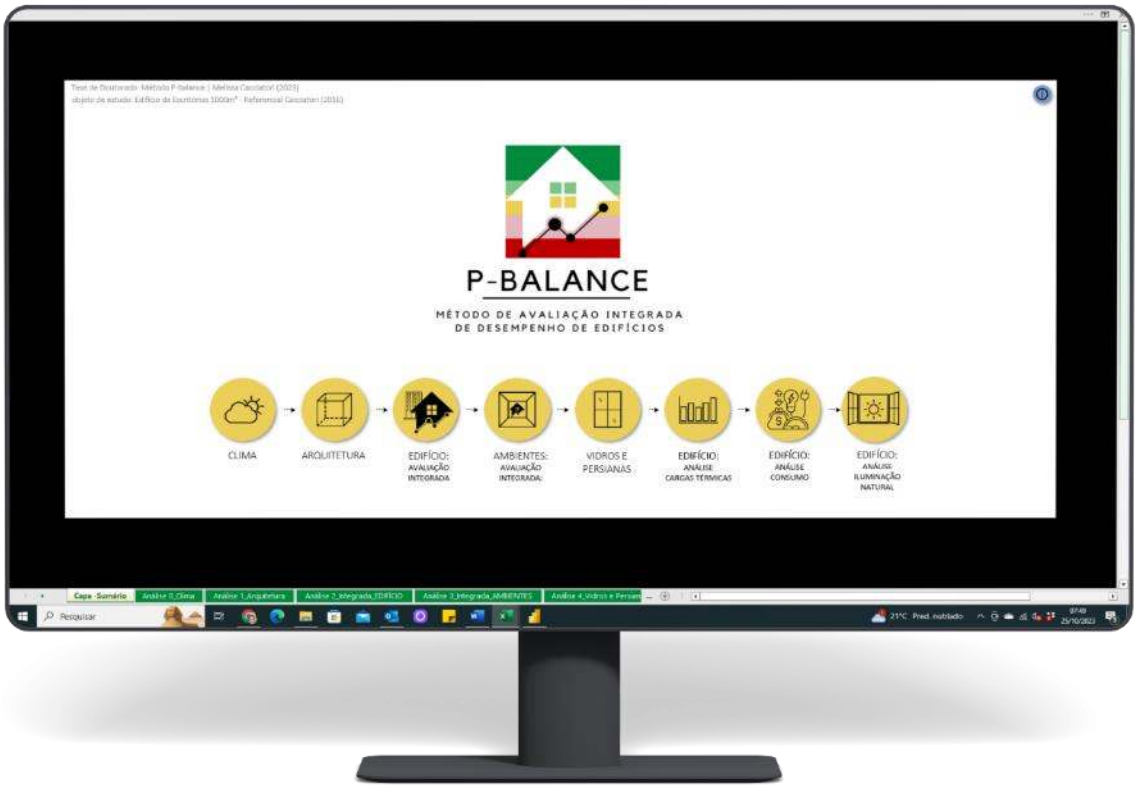
O produto é a ferramenta P-Balance, composta por oito painéis de análise (Figuras 6 e 7), entre eles dois painéis de Avaliação Integrada: um para a avaliação global do edifício e um para a avaliação de ambientes, que possibilita a análise da fachada para cada orientação.

Figura 6: Fluxograma e Estrutura da Ferramenta P-Balance



Fonte: [18]

Figura 7: Ilustração da Ferramenta P-Balance – Tela Inicial



Fonte: [18]

Para demonstração da ferramenta neste artigo, é apresentado o painel de Avaliação Integrada Global do Edifício (Figura 8). A Figura 9 apresenta em detalhes os componentes da Visualização P-Balance, descritos abaixo:

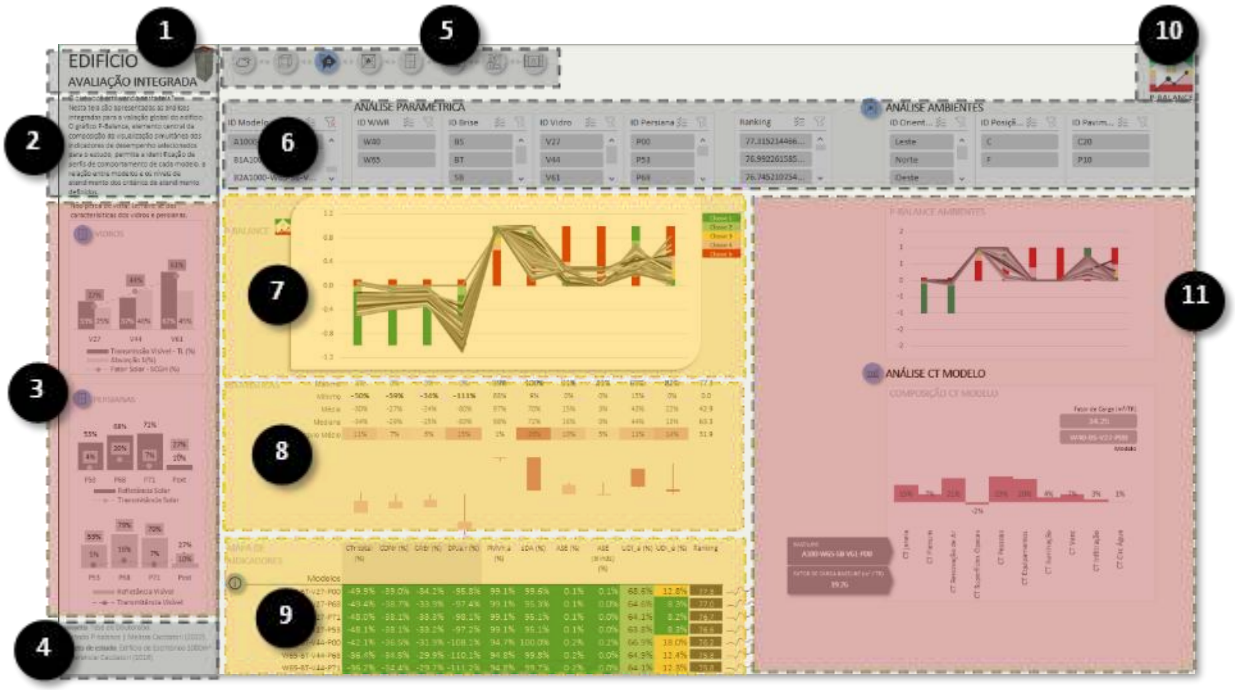
O Gráfico P-Balance é um gráfico de coordenadas paralelas, o mais recomendado pela TVD para análises multiobjetivo. Uma única linha do gráfico, denominada perfil, codifica o comportamento de desempenho de múltiplos indicadores e seus trade-offs. Esta informação condensada substitui dezenas de gráficos diferentes, os quais demandam integração mental da informação em sucessivas consultas. O conjunto de linhas, referentes a múltiplas alternativas, permite identificar quais são os indicadores mais sensíveis pelo espaçamento entre os pontos 2D (nós).

Nesta ferramenta, o gráfico de coordenadas paralelas é combinado com um gráfico de barras empilhadas, que representa os critérios de classificação dos indicadores com base uma escala cromática (Figura 10). Esta combinação permite ao intérprete identificar rapidamente o atendimento aos critérios definidos. Em atendimento ao limite de atributos pré-atentivos, a escala cromática possui 5 cores.

A Barra de Indicadores Estatísticos resume os valores do Mapa de Indicadores, permitindo acessar rapidamente quais são os valores mínimos, máximos e médios. Na linha de desvio padrão, o destaque por gradiente de cor confirma o indicador mais sensível, observável no gráfico.

O Mapa de indicadores é formatado com base no conceito de mapa de calor. Ele permite a análise atentiva de valores individuais e do conjunto de valores com a percepção de sua classificação em relação aos critérios da avaliação.

Figura 8: Layout e Componentes do Painel de Avaliação Integrada Global do Edifício



Legenda

Identificação do Painel e Navegação

Gráficos Complementares

Visualização P-Balance: Central da Análise

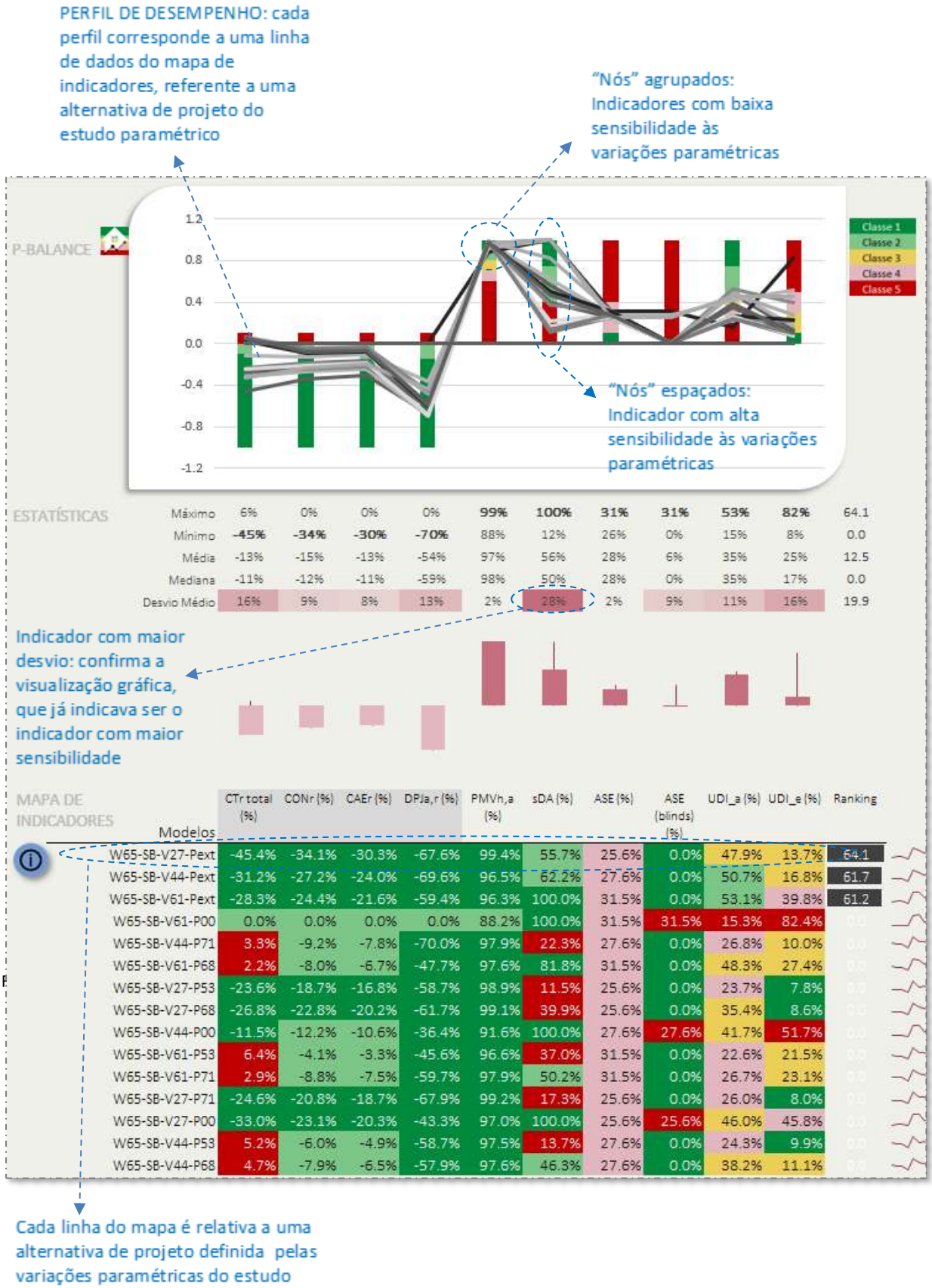
Entorno da Visualização Central

Componentes

1. Nome do Painel
2. Breve explicação sobre a análise contida no painel
3. Gráficos com dados de propriedades de Vidros e Persianas para consulta rápida
4. Identificação do Projeto
5. Barra de Navegação entre Painéis
6. Caixas de segmentação de dados: seleção de parâmetros da análise
7. Gráfico P-Balance
8. Barra de Indicadores Estatísticos
9. Mapa de Indicadores (Tabela de Valores)
10. Ícone para retorno à Tela Inicial
11. Gráficos Complementares

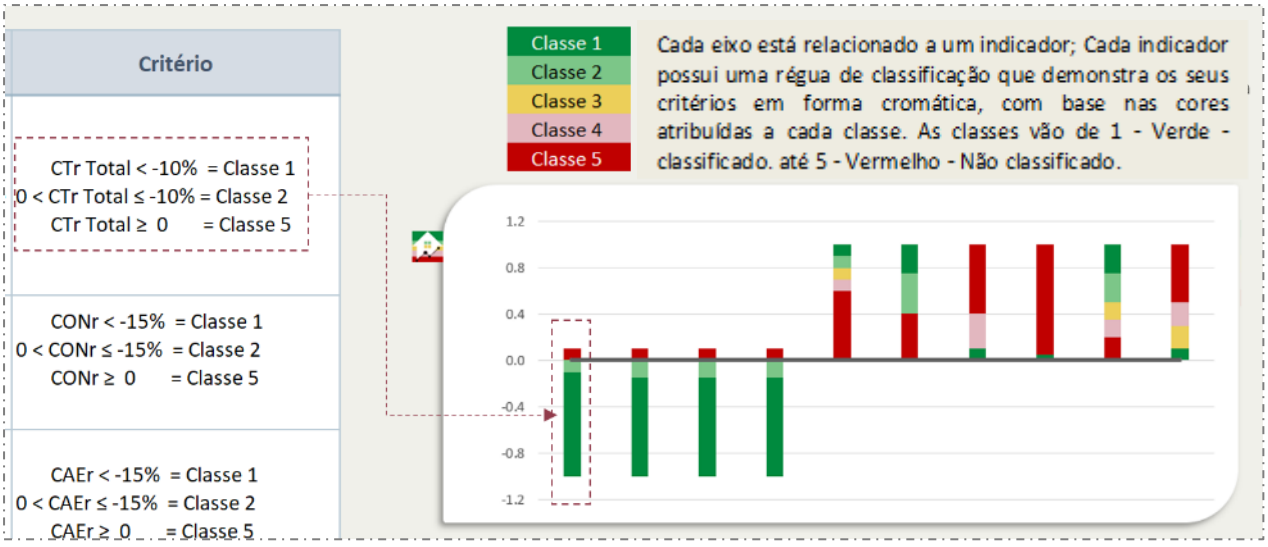
Fonte: [18]

Figura 9: Visualização P-Balance – Gráfico P-Balance, Barra de Indicadores Estatísticos, Mapa de Indicadores



Fonte: o autor. Adaptado de [18].

Figura 10: Processo de formatação do gráfico P-Balance: Barras de Critérios

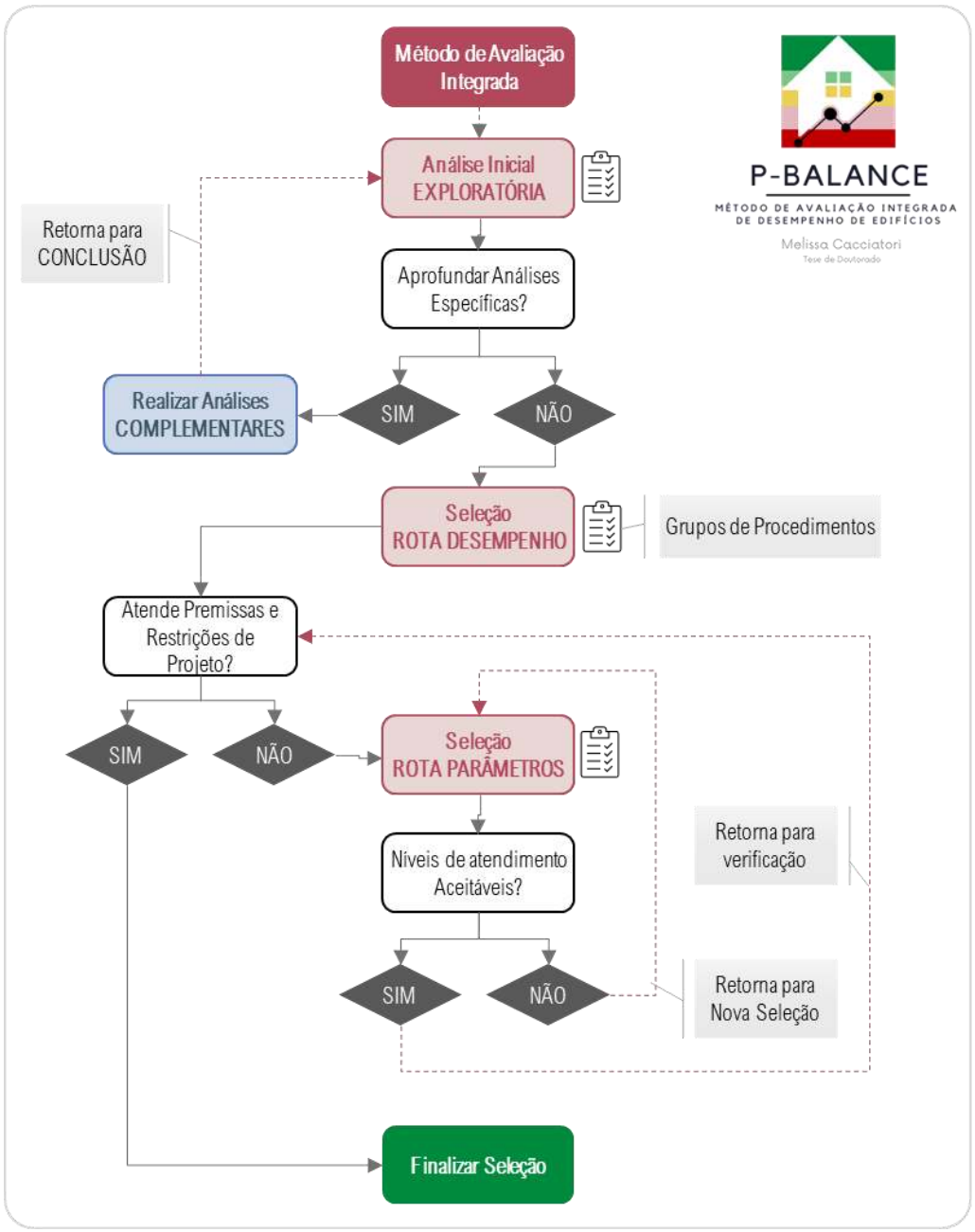


Fonte: [18]

MÉTODO DE AVALIAÇÃO INTEGRADA P-BALANCE

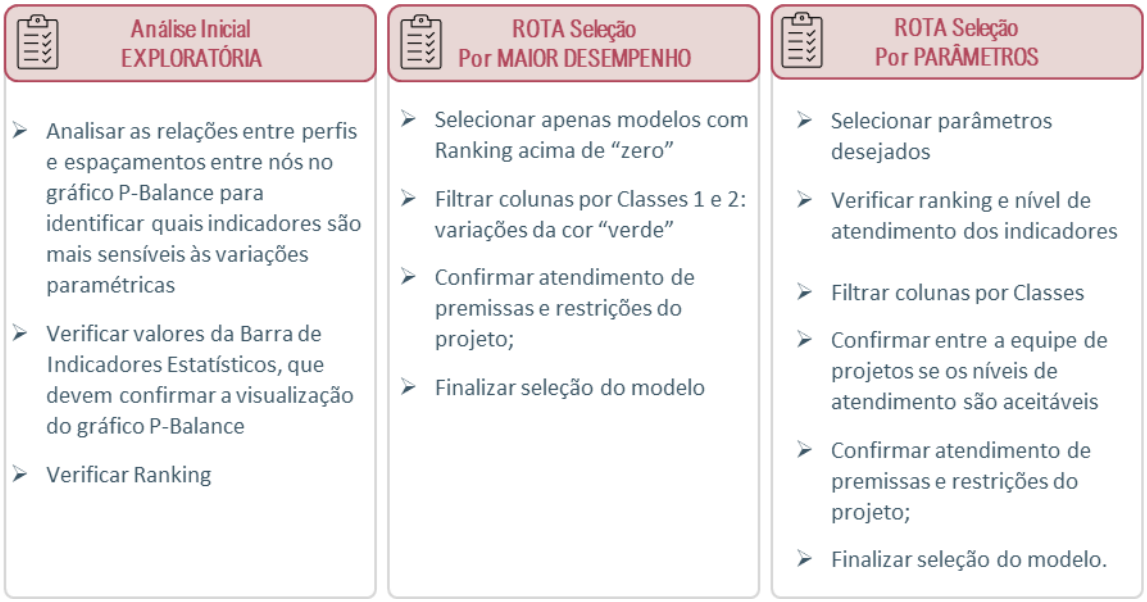
A ferramenta permite a aplicação de um método de avaliação multiobjetivo visual, interativo e participativo (Figuras 11 e 12), baseado em sequências de seleções de alternativas de projeto com base em classificações cromáticas de desempenho e premissas/restrições de projeto em relação aos parâmetros considerados.

Figura 11: Metodologia de Avaliação Integrada P-Balance - Fluxograma de Processos



Fonte: [18]

Figura 12: Metodologia de Avaliação Integrada P-Balance - Grupos de Procedimentos



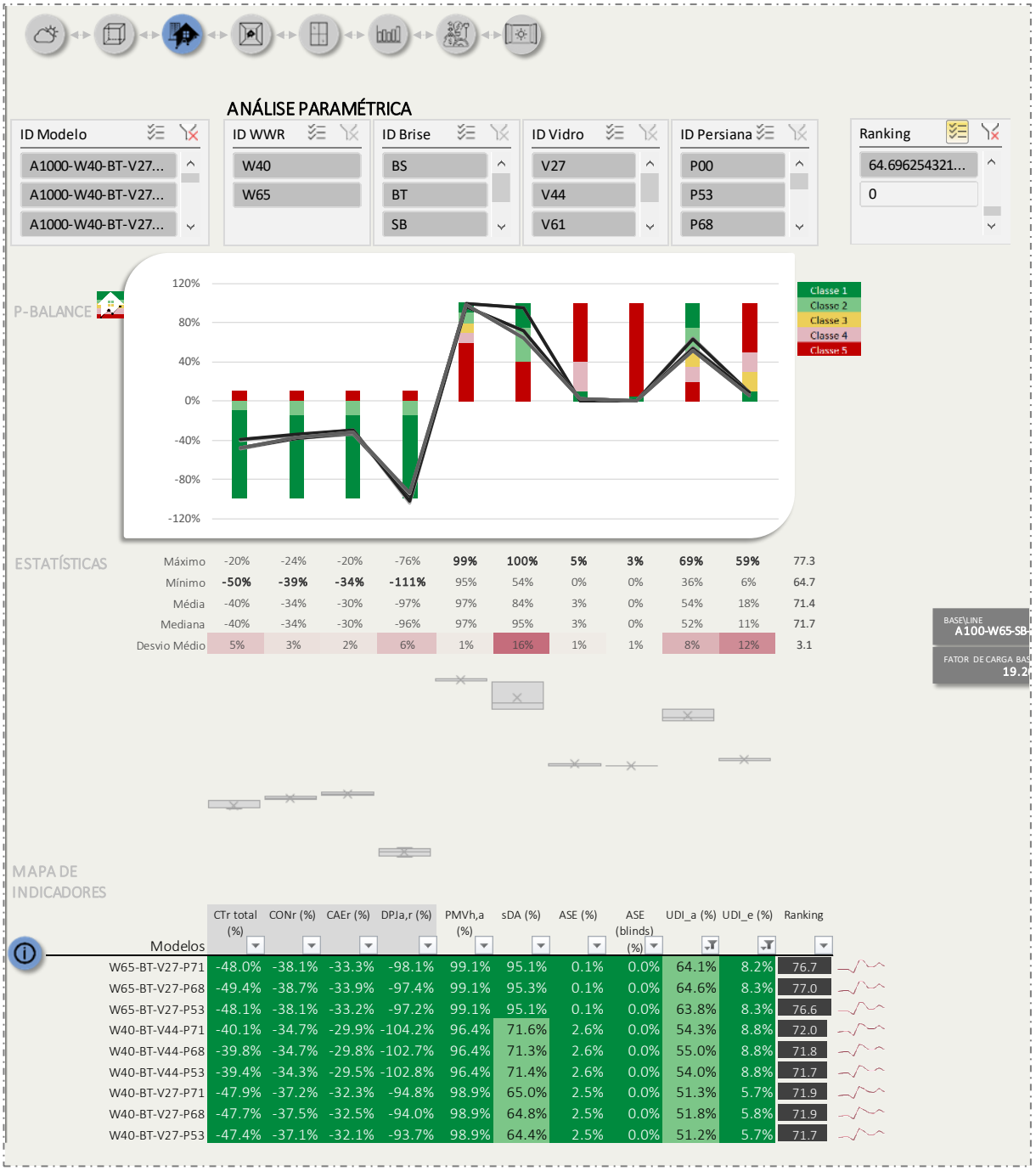
Fonte: [18]

As Figuras 13 e 14 a seguir, apresentam respectivamente a aplicação das rotas de seleção: pelo maior desempenho e por parâmetros.

A demonstração da Rota de Seleção por parâmetros considera as seguintes premissas de projeto:

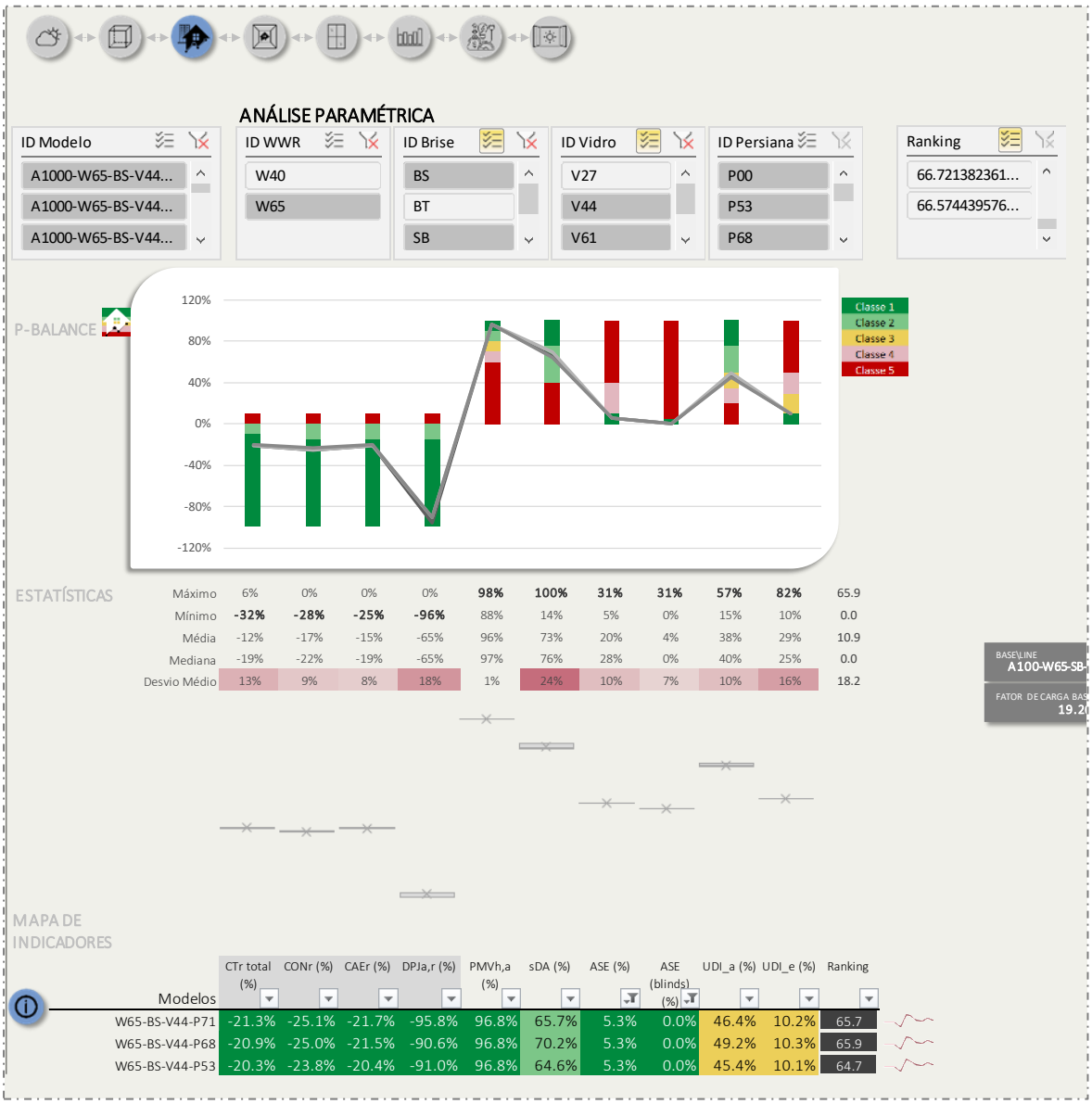
- ✓ Não considerar vidro insulado V27;
- ✓ Não considerar fachada totalmente sombreada por brises (BT);
- ✓ Considerar apenas WWR 65%.

Figura 13: Rota de Seleção por Maior Desempenho - Avaliação Integrada do Edifício – Visualização P-Balance – Ranking maior que "zero" e Filtro Classes 1 e 2 colunas UDI_a e UDI_e



Fonte: [18].

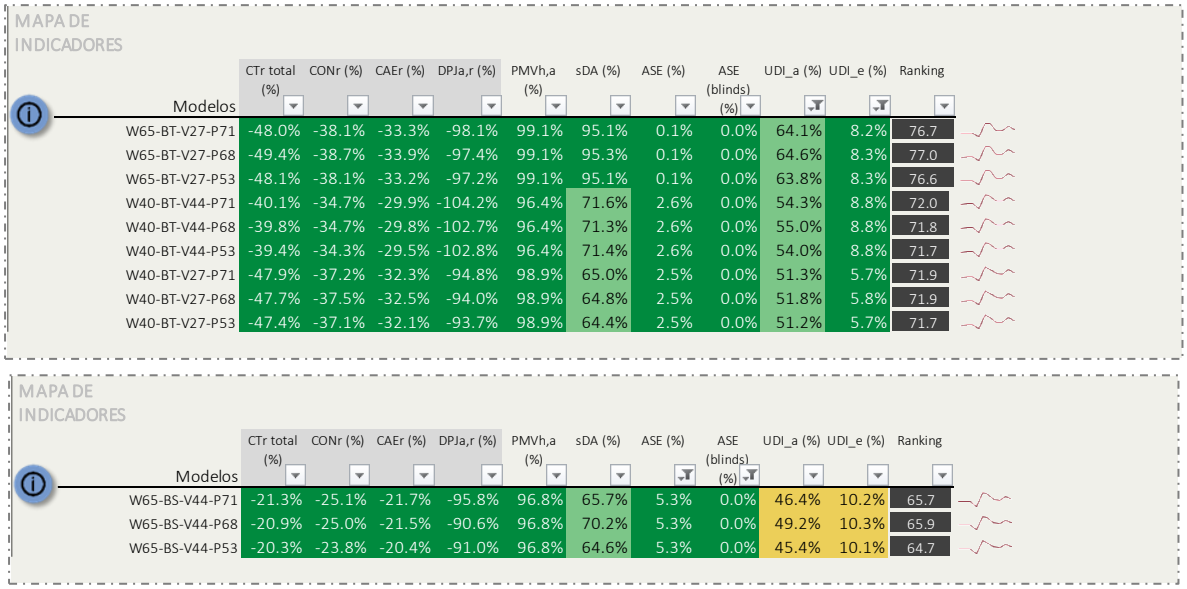
Figura 14: Rota de Seleção por parâmetros - Avaliação Integrada do Edifício – Ampliação da Visualização P-Balance – Aplicação das Premissas de Projeto + Filtro Classe 1 colunas ASE e ASE blinds



Fonte:[18]

A Figura 15 a seguir, permite um comparativo entre as alternativas paramétricas de projeto resultantes de cada rota de seleção. Destaca-se que este processo é realizado em poucos minutos e, em uma abordagem de projeto integrado, todos os participantes têm a oportunidade de avaliar as diferenças de performance entre as alternativas selecionadas e confirmar premissas e restrições de projeto.

Figura 15: Comparativo entre os resultados das seleções



MAPA DE INDICADORES

Modelos	CTr total (%)	CONr (%)	CAEr (%)	DPJa,r (%)	PMVh,a (%)	sDA (%)	ASE (%)	ASE (blinds) (%)	UDI_a (%)	UDI_e (%)	Ranking
W65-BT-V27-P71	-48.0%	-38.1%	-33.3%	-98.1%	99.1%	95.1%	0.1%	0.0%	64.1%	8.2%	76.7
W65-BT-V27-P68	-49.4%	-38.7%	-33.9%	-97.4%	99.1%	95.3%	0.1%	0.0%	64.6%	8.3%	77.0
W65-BT-V27-P53	-48.1%	-38.1%	-33.2%	-97.2%	99.1%	95.1%	0.1%	0.0%	63.8%	8.3%	76.6
W40-BT-V44-P71	-40.1%	-34.7%	-29.9%	-104.2%	96.4%	71.6%	2.6%	0.0%	54.3%	8.8%	72.0
W40-BT-V44-P68	-39.8%	-34.7%	-29.8%	-102.7%	96.4%	71.3%	2.6%	0.0%	55.0%	8.8%	71.8
W40-BT-V44-P53	-39.4%	-34.3%	-29.5%	-102.8%	96.4%	71.4%	2.6%	0.0%	54.0%	8.8%	71.7
W40-BT-V27-P71	-47.9%	-37.2%	-32.3%	-94.8%	98.9%	65.0%	2.5%	0.0%	51.3%	5.7%	71.9
W40-BT-V27-P68	-47.7%	-37.5%	-32.5%	-94.0%	98.9%	64.8%	2.5%	0.0%	51.8%	5.8%	71.9
W40-BT-V27-P53	-47.4%	-37.1%	-32.1%	-93.7%	98.9%	64.4%	2.5%	0.0%	51.2%	5.7%	71.7

MAPA DE INDICADORES

Modelos	CTr total (%)	CONr (%)	CAEr (%)	DPJa,r (%)	PMVh,a (%)	sDA (%)	ASE (%)	ASE (blinds) (%)	UDI_a (%)	UDI_e (%)	Ranking
W65-BS-V44-P71	-21.3%	-25.1%	-21.7%	-95.8%	96.8%	65.7%	5.3%	0.0%	46.4%	10.2%	65.7
W65-BS-V44-P68	-20.9%	-25.0%	-21.5%	-90.6%	96.8%	70.2%	5.3%	0.0%	49.2%	10.3%	65.9
W65-BS-V44-P53	-20.3%	-23.8%	-20.4%	-91.0%	96.8%	64.6%	5.3%	0.0%	45.4%	10.1%	64.7

Fonte: [18]

CONCLUSÃO

A elaboração da ferramenta P-Balance foi essencialmente orientada pela aplicação de técnicas de visualização de dados (TVD), priorizando o processamento pré-atentivo de dados e informações. A visualização P-Balance permite a percepção visual rápida e simultânea de diversas métricas de desempenho e alternativas de projeto, de modo a evitar a necessidade de se consultarem dezenas de gráficos específicos por tipo de indicador e a demanda de integração mental de dados por parte dos intérpretes, o que dificulta a avaliação e a comunicação.

Quando protótipos da ferramenta foram aplicadas em consultorias reais foi possível identificar de modo qualitativo, aspectos que confirmam o atendimento dos objetivos definidos:

a) A comunicação foi evidentemente mais fluida e efetiva no processo de transferência de informações para tomadores de decisão, resultando em aceite técnico do serviço de consultoria sem grandes demandas de revisão e sem dúvidas técnicas que dificultassem o uso das informações;
b) Com fluxos de análise claros e definidos para a equipe de consultoria, o processo de avaliação ocorreu com maior uniformidade e assertividade, com tempo reduzido de análises e elaboração de relatórios. O serviço teve uma redução de tempo importante, dado que demandas por revisões ou foram inexistentes, ou foram pequenas revisões de dados e relatório, ou foram relativas a alterações de projeto, estas últimas configurando-se como adicionais de escopo. Este aspecto favorece a viabilidade econômica de serviços de consultoria, aumenta a segurança técnica e auxilia na sua promoção de valor.

Em apresentações da ferramenta em sua versão final, tomadores de decisão e equipes de projeto declaram que sua visualização é “amigável”, que se sentem partes ativas do processo de decisão e que entendem o “equilíbrio” entre os indicadores.

A ferramenta metodológica P-Balance apresenta-se como um meio promissor para a implementação de abordagens de POD e PI, na medida em que promove:

1. Oportunidades para membros do time de projeto compartilharem considerações técnicas, econômicas ou estéticas, e influenciarem decisões;
2. Decisões transparentes com informações acessíveis e processos claros;
3. Responsabiliza os decisores perante as partes interessadas;
4. Permite debate aberto para considerar diferentes perspectivas.

Destaca-se ainda:

a) O potencial educativo da ferramenta, dada a interação promovida pelo método de seleção, que possibilita a geração de ativos de conhecimentos especializados para a equipe de projeto envolvida;
b) Desenvolvida em Excel, é acessível, permitindo que a maioria dos profissionais de simulação realizem ajustes e adaptações;
c) É uma ferramenta flexível, permitindo customizar elementos visuais, incorporar ou excluir indicadores, adaptar as barras de critérios, ser aplicada a qualquer tipologia arquitetônica e alterar processos de avaliação.

REFERÊNCIAS

[1] KOKARAKI, N. et al. Testing the reliability of deterministic multi-criteria decision-making methods using building performance simulation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, n. 112, 2019. p. 991-1007.

[2] BRACHT, M. K.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. A metamodel for building information modeling-building energy modeling integration in early design stage. **Automation in Construction**, n. 121, 2021.

[3] HOSAMO, H. H. et al. Multiobjective optimization of building energy consumption and thermal comfort based on integrated BIM framework with machine learning-NSGA II. **Energy & Buildings**, n. 277, 2022.

[4] SINGH, M. M.; DEB, C.; GEYER, P. Early-stage design support combining machine learning and building information modelling. **Automation in Construction**, n. 136, 2022.

[5] CICHOCKA, J. M.; BROWNE, W. N.; RODRIGUEZ, E. **Optimization in the architectural practice**. In: 22nd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2017, Hong Kong, Asia. Protocols, Flows and Glitches, Proceedings. Hong Kong: The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA). 2017. p. 387-397. Disponível em: http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2017_155.pdf. Acesso em: 17 fev. 2020.

[6] YAN, H.; YAN, K.; JI, G. Optimization and prediction in the early design stage of office buildings using genetic and XGBoost algorithms. **Building and Environment**, n. 2018, 2022.

[7] SCHERZ, M. et al. A hierarchical reference-based know-why model for design support of sustainable building envelopes. **Automation in Construction**, n. 139, 2022.

[8] SRIVASTAV, A. et al. A review and comparison of data visualization techniques used in building design and in building simulation. In: ELEVENTH INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE. **Proceedings.**, Glasgow, 2009. p. 1972-1949.

[9] DÍAZ, H. et al. Multidisciplinary Design Optimization through process integration in the AEC industry: Strategies and challenge. **Automation in Construction**, n. 72, 2017. p. 102-119.

[10] LI, X. et al. Venis: A designer-centric support tool for building performance design at early design stages. **Journal of Building Engineering**, n. 63, 2023.

[11] KAHNEMAN, D. **Rápido e Devagar**: duas formas de pensar. Rio de Janeiro: Objetiva, 2011.

[12] FISKE, S. T.; TAYLOR, S. E. Social Categories and Schemas. In: FISKE, S. T.; TAYLOR, S. E. **Social Cognition**: From Brain to Culture. Nova York: McGraw-Hill, 1991. Cap. 4, p. 96-141.

[13] MLODINOW, L. **Subliminar**: Como o inconsciente influencia nossas vidas. Rio de Janeiro: Zahar, 2012. Edição Brasileira: 2014.

[14] LI, C. Z. et al. Advances in the research of building energy saving. **Energy & Buildings**, n. 254, 2022.

[15] MUKHERJEE, A.; MUGA, H. An integrative framework for studying sustainable practices and its adoption in the AEC industry: A case study. **Journal of Engineering and Technology Management**, n. 27, 2010. p. 197-214.

[16] CACCIATORI, M. M. F. **Diretrizes dinâmicas para projeto de fachadas de edifícios de escritórios de alto padrão, na cidade de São Paulo, com base no potencial de eficiência energética e viabilidade econômica**. 2016. 2v.: Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, São Paulo, 2016.

[17] CACCIATORI, M. M. F.; VALDIVIA, J. D. Redução de Consumo Energético com o uso de Persianas Automatizadas | ETAPA 2: Uma comparação entre tipos de controles de persianas automatizadas e arquivos climáticos. **Série Simulação de Persianas automatizadas em EnergyPlus**, São Paulo, 2021.

[18] CACCIATORI, M. M. F**. Ferramenta metodológica P-Balance para avaliação integrada de desempenho de fachadas.** 2023: Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - FAUUSP, São Paulo, 2023.

[19] FEW, S. **Show me the numbers**: Designing tables and graphs to enlighten. El Dorado Hills, CA: Analytics Press, 2012.

[20] FEW, S. **Now You See It**: Simple Visualization Techniques for Quantitative Analysis. El Dorado Hills, CA: Analytics Press, 2009.

[21] CAIRO, A. **El arte funcional**: infografia e visualización de información. Madrid: Alamut, 2012.

[22] SOLLEMA. ClimateStudio User Guide. **Visita à seção Learn, Documentation**, 2023. Disponivel em: <https://climatestudiodocs.com/docs/daylightCustom.html>. Acesso em: 29 set. 2023.