

AVALIAÇÃO DE DECISÕES DE PROJETO ATRAVÉS DE SIMULAÇÕES DE DESEMPENHO

EVALUATION OF DESIGN DECISIONS THROUGH PERFORMANCE SIMULATIONS

EVALUACIÓN DE LAS DECISIONES DEL PROYECTO MEDIANTE SIMULACIONES DE DESEMPEÑO

Maria Caroline Pires Bastos¹

Ramon Bezerra Fernandes²

Daniel P. Andrade³

Resumo: O artigo apresenta como tema as simulações de desempenho aliadas com a análise sintática do espaço como ferramentas de avaliação de decisões de projeto. Fruto de um projeto de extensão, objetiva avaliar o desempenho da mudança de layouts em um edifício empresarial e o impacto dessas nos padrões de circulação e acessos. Desenvolveu-se através de uma análise comparativa entre as configurações espaciais diferentes e a implementação do modelo *Open Office*. Utilizou-se como recurso metodológico a elaboração de mapas de cheios e vazios e diagnóstico dos espaços através de simulações de desempenho e aplicando conceitos de conectividade, integração e inteligibilidade oriundos da Análise Sintática do Espaço. No estudo apresentado, nota-se que a nova proposta é visualmente mais ordenada quanto aos padrões de circulação, enquanto a atual demonstra um fluxo descontínuo e variável. Ainda é constatado, através da aplicação dos conceitos da Análise Sintática do Espaço, os ganhos em termos de visibilidade, melhoria nos padrões de movimento e possíveis ganhos de comunicação decorrentes do aumento da possibilidade de encontros na estrutura espacial.

Palavras-chave: Projeto de Extensão. Projeto de Arquitetura. Simulação de desempenho. Sintaxe Espacial. Escritórios Abertos.

¹ Graduanda do Curso de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6239-3239>. E-mail: carolpbaraujo@gmail.com

² Graduando do Curso de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5129-7604>. E-mail: ramon.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

³ Arquiteto e Urbanista. Doutor em Arquitetura e Urbanismo, pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil. Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2427-341X>. E-mail: daniel.andrade@academico.ufpb.br

Abstract: *The article presents as its theme performance simulations combined with Space Syntax analysis as design decision evaluation tools. The result of an extension project, it aims to evaluate the performance of changing layouts in a business building and their impact on circulation and access patterns. It was developed through a comparative analysis between different spatial configurations and the implementation of the Open Office model. It was used as a methodological resource the elaboration of figure ground maps and diagnosis of the performance of spaces through simulations and applying concepts of connectivity, integration, and intelligibility from the Space Syntax. In the study presented, it is noted that the new proposal is visually more orderly in terms of circulation, while the current one demonstrates a discontinuous and variable flow. It is still verified, through the application of the concepts of the Space Syntax, the gains in terms of visibility, improvement in movement patterns and possible communication gains result from the increased possibility of meetings in the spatial structure.*

Keywords: *Extension Projects. Architecture Design. Performance simulation. Space Syntax. Open Office.*

Resumen: *El artículo presenta como tema simulaciones de desempeño combinadas con Sintaxis Espacial como herramientas de evaluación de decisiones de diseño. Resultado de un proyecto de Extensión de la universidad, tiene como objetivo evaluar el rendimiento de los cambios de layout en un edificio comercial y su impacto en la circulación y acceso. Se desarrolló mediante un análisis comparativo entre diferentes configuraciones espaciales y la implementación del modelo Open Office. Se utilizó como recurso metodológico la elaboración de planos de figura-fondo y el diagnóstico del desempeño de los espacios mediante simulaciones y aplicando conceptos de conectividad, integración e inteligibilidad a partir del Sintaxis Espacial. En el estudio presentado, se observa que la nueva propuesta es visualmente más ordenada en cuanto a patrones de circulación, mientras que la actual demuestra un flujo discontinuo y variable. Aún se verifican, mediante la aplicación de los conceptos del Sintaxis Espacial, las ganancias en términos de visibilidad, la mejora en los patrones de movimiento y las posibles ganancias comunicativas derivadas de la mayor posibilidad de encuentros en la estructura espacial.*

Palabras clave: *Proyecto de Extensión. Diseño arquitectónico. Simulación de desempeño. Análisis sintáctico del espacio. Oficinas Abiertas.*

Introdução

Os escritórios, quando avaliados os projetos arquitetônicos, apresentam ao longo do tempo diversos tamanhos e configurações. A modernização das relações de trabalho e o avanço tecnológico refletiram em novas necessidades de adaptação do espaço físico. No entanto, conforme aponta D'Amore (2013), ainda existe um distanciamento entre as teorias administrativas e as teorias para planejamento do espaço, devido a maneira como elas são

encaradas, muitas vezes dando pouca atenção às necessidades dos usuários e, conseqüentemente, podendo resultar em espaços inadequados às atividades que ali são desempenhadas.

O espaço interno dos escritórios é o ambiente em que os funcionários costumam passar maior parte do seu dia, sendo assim, torna-se um agente significativo e determinante quanto à saúde, aos relacionamentos e à produtividade. À vista disso, para que o ambiente exerça sua funcionalidade e promova o bem-estar de seus usuários, também é necessário que ele se adeque aos impactos provenientes de possíveis cenários atípicos, como um incêndio, cenário emergencial ou até mesmo aumento da densidade populacional decorrente de mudanças no layout.

A concepção de uma tipologia de trabalho deve estar diretamente ligada aos aspectos organizacionais das atividades a serem desenvolvidas no local, sejam elas planejadas ou não. Desse modo, as empresas procuram desenvolver padronizações do espaço para obter eficiência na forma que as informações serão geridas, visando principalmente aspectos de racionalização e funcionalidade da produção.

Cassano e Vidal (2008) evidenciam a recorrente utilização da tipologia de escritórios de origem americana, conhecida como *open offices*, em tradução livre, “escritórios abertos”. Este modelo prioriza os seguintes aspectos: integração das atividades; facilidade no fluxo de informações; redução nos gastos iniciais; facilidade em futuras mudanças e, também, resultados de produção imediatos.

Tal modelo, no entanto, é criticado por poder desconsiderar as questões arquitetônicas e ergonômicas em decisões projetuais, além de ser capaz de transformar os espaços em ambientes mais conturbados e densos, estações cada vez mais compactas, falta de privacidade, condições ambientais desfavoráveis, mecanismos de controle sobre os trabalhadores e distúrbios de atenção e concentração (CASSANO; VIDAL, 2008).

Assim, analisar a dinâmica de circulação das edificações, considerando variáveis, como configuração espacial, divisórias e mobiliários, torna-se um importante fator para compreender se o layout adotado é condizente com as demandas do ambiente. Para isso, a Análise Sintática do Espaço (ASE) auxilia o entendimento dessa dinâmica, através de técnicas consistentes para representação e análise dos padrões espaciais em uma edificação, além de ser capaz de simular a espacialidade de propostas projetuais e predizer como elas tendem a funcionar (HILLIER; HANSON, 1997).

A ASE busca entender como o espaço urbano e de ambientes construídos são do ponto de vista da configuração espacial e como desempenham suas funções em meio às diversas possibilidades arquitetônicas e urbanas (HILLIER; HANSON, 1997). Isto é, busca entender a configuração do traçado de um espaço urbano ou edifício e as relações dos elementos ali inseridos, tratando o espaço como uma variável independente, ou seja, como a configuração espacial pode influenciar no comportamento das pessoas.

Partindo deste preâmbulo, este artigo avalia o desempenho da mudança de layout no edifício de escritórios da Companhia Energética do Rio Grande do Norte (Cosern), a qual tem sua sede localizada em Natal. Logo, pretende-se analisar as propostas de layout no tocante a tendência de movimento, identificação e diagnóstico dos fluxos existentes e previstos, além da quantificação da visibilidade em diferentes configurações espaciais. Foram empregadas ferramentas digitais de análise, como simulações de movimentação de agentes e o uso do escopo teórico da ASE, comparando a nova proposta de layout do pavimento com a situação atual. Foi buscada a compreensão de como a configuração espacial do layout interno de um edifício de escritórios afeta nos aspectos de movimentação e visibilidade e, conseqüentemente, como as decisões de projetos podem ser avaliadas por este viés.

O trabalho em questão é parte do Projeto de Extensão Alpendre Ateliê, desenvolvido pelo grupo de pesquisa Alpendre Arquitetura e Representação, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Este projeto de extensão tem como principal objetivo inserir os alunos em contato com a comunidade externa à universidade e propiciar para eles um ambiente de interação que simule a prática profissional integrada com o ensino e a pesquisa vividas no ambiente acadêmico. No caso específico deste trabalho, foi firmado um convênio com uma empresa privada nos moldes de uma consultoria e analisado um caso prático de projeto desenvolvido e aplicado no ambiente de trabalho em questão. Desta forma foi possível inserir os alunos participantes em contato com um projeto, situações e pessoas reais que puderam interagir e propiciar experiências que aplicações teóricas acabam por não trazer. Além do apoio fomentado pela empresa privada no desenvolvimento das atividades, integrando a atividade com seus setores. Os resultados deste projeto de extensão foram entregues para a empresa em forma de relatório, o qual apresentava apontamentos e conclusões que puderam ser utilizados pela empresa como parte do seu diagnóstico interno das condições de trabalho.

O artigo encontra-se estruturado da seguinte maneira: abordagem introdutória, esclarecendo a temática e os objetivos pretendidos; explanação dos procedimentos

metodológicos; o arcabouço teórico no qual se apoia o estudo, abordando à tipologia de escritórios *open office*, discussão acerca da contribuição das simulações computacionais para procedimentos de análise e o uso da ASE para avaliação da configuração espacial do pavimento; desenvolvimento, que compreende o estudo de caso, com informações acerca da organização de cada proposta de layout, das simulações computacionais, de desempenho de fluxo e suas respectivas análises e considerações finais, que retoma sucintamente o apresentado no corpo do texto e mostra os principais pontos observados nas análises e conclusões retiradas do estudo.

Metodologia

Para o desenvolvimento do estudo em questão foram realizadas análises da modificação de layout de um pavimento do prédio sede da Cosern, localizado em Natal/RN. Em seguida, foi iniciada a etapa de avaliação e considerações acerca do desempenho espacial quanto à circulação de pessoas utilizando, inicialmente, a análise comparativa de figura-fundo, como forma de destacar a densidade de mobiliários e os possíveis padrões de circulação. Esse mecanismo é mencionado por Ching (1998), como um elemento auxiliador na compreensão visual do espaço, mostrando-se útil na identificação das relações dos domínios ocupacionais dos escritórios.

Com base nessa revisão inicial, foi necessário proceder com a análise das propostas de modificações dos layouts e sua implicação na distribuição dos fluxos dos usuários. Para isso, foram realizadas simulações computacionais que avaliam o fluxo de pessoas a partir da adaptação dos recursos fornecidos pelo *software Pathfinder* (versão 2019) do fabricante estadunidense *Thunderhead Engineering*. Para elaboração dessas simulações foram desenvolvidos cenários com o quantitativo da população máxima das edificações estudadas, usando como metodologia para dimensionamento desta população os parâmetros fornecidos pela NBR 9077:2001 – Saídas de Emergência em Edifício (ABNT, 2001). Essas informações são adicionadas ao *software* e permitem a análise do desempenho dos fluxos internos no trânsito de pessoas, fazendo um comparativo do layout atual e o proposto.

Com suporte da ASE e utilizando o *software Depthmap* (plataforma idealizada no Laboratório de Sintaxe Espacial da *University College* de Londres), examinou-se a questão da relação do arranjo espacial com a visibilidade, a tendência de movimento e a inteligibilidade alcançada em cada uma das propostas de layout, fazendo também um comparativo entre as duas

situações. No *Depthmap* foram produzidos grafos de visibilidade (*Visibility Graph Analysis – VGA*) que possibilitam a análise de medidas com propriedades espaciais locais e globais. É uma técnica desenvolvida por Turner (2004), apoiada no conceito de campos de isovistas, que sugere avaliar o grafo de perspectivas mutuamente visíveis de um complexo espacial. Os valores aferidos no grafo foram apresentados por meio de manchas cromáticas, as quais foram explanadas posteriormente.

Se faz necessário ressaltar que o cenário a ser utilizado trata-se de uma situação hipotética de final de expediente, onde existe a tendência de um aumento no fluxo de pessoas em direção à saída da edificação, não sendo simulada outro tipo de movimentação durante a jornada de trabalho. Além disso, a análise do fomento de produtividade, interação e comunicação entre os usuários estará apoiada na promoção de encontros que serão destacados pelas análises de conectividade, visibilidade e integração. Estas são também questões limitadoras do trabalho que precisam ficar claras para o leitor melhor entender os resultados.

Fundamentação teórica

Para fundamentar o estudo foi necessário apontar características pertinentes sobre as edificações utilizadas na análise, como também analisar e comparar os layouts a partir dos esquemas de figura-fundo. Com a associação e diagnóstico dos dados evidenciados foram desenvolvidas as simulações computacionais de desempenho de fluxo com cenários pré-estabelecidos como maneira de avaliar a movimentação de ocupantes no pavimento. Também, para análise da espacialidade de ambos os layouts e os ganhos com a nova proposta, foi aplicado o uso do aporte teórico que a ASE fornece.

De acordo com Allen (2004), os escritórios abertos apresentam espaços vastos, contínuos e com poucas hierarquias, de maneira a promover a integração das áreas de trabalho, circulação, comunicação e encontro. Essa tipologia sugere a adoção de divisórias removíveis ou remoção total de estruturas que seccionam as zonas. Dado a esse princípio, as condições ambientais dos escritórios desse perfil buscam se apresentar de maneira uniforme, desde a distribuição de iluminação e ventilação à inserção de estações de trabalho.

O *open office* originou-se na Alemanha, por volta da década de 1950, adquirindo o sinônimo de modernidade, e chegando também ao Brasil entre o final da década 1980. Hatch (1990) salienta que esse modelo é mais econômico, e proporciona melhorias na comunicação

entre as pessoas, o que conseqüentemente aumenta o desempenho das atividades. Pile (*apud* ABRANTES, 2004) também destaca vantagens do modelo de escritório aberto, como a praticidade para efetuar alterações e ocupação de menos espaço, reduzindo os custos de construção. Pode-se ressaltar que devido a tipologia *open office* propor o uso de estações de trabalho em substituição às mesas individuais isoladas, as circulações tendem a ser favorecidas.

Há outra vertente de pesquisa que evidencia que essa tipologia também é acompanhada por pontos desfavoráveis. Em razão da redução dos custos operacionais e da organização espacial, que garantem o aumento da densidade populacional, são constituídas circunstâncias ambientais inadequadas aos trabalhadores, como ruídos que conseqüentemente geram distúrbios de atenção, segundo Hedge (1982). Também podem ocasionar sensações de aglomeração e perda de privacidade. Para tanto, as possíveis questões negativas devem ser consideradas em estudo específico com a comunidade usuária do espaço. O presente trabalho se propõe a analisar apenas as implicações espaciais e nos padrões de circulação das mudanças.

No que concerne à verificação da ocupação do espaço disponível e à identificação das relações entre o recinto e sua apropriação, o presente trabalho apresentou essa dinâmica através do uso da técnica de figura-fundo. Segundo Ching (1998), nosso campo visual distingue os elementos heterogêneos a partir de fatores como formato, cor ou tamanho, assim tendemos a separá-los em partes positivas (figuras) e negativas (fundo), e que a maneira como é interpretada a relação entre essas partes irá influenciar na percepção e compreensão. Ching (1998) também destaca que essa oposição é responsável por constituir uma unidade, similar ao que ocorre na arquitetura, por meio da associação dos elementos da forma e do espaço. Da mesma maneira, para compreender o processo de ocupação de um espaço arquitetônico construído é possível fazer uso dessa técnica e apontar as alterações ocorridas em um layout, por exemplo, ou até mesmo em situações de reforma, deixando claro a nova disposição das paredes, fechamentos e mobiliários.

Tratando das simulações computacionais de desempenho de movimentação, podem ser definidas por buscar representar situações de operações de ocupantes próximas do real. São capazes de extrair dados quanto a movimentação, velocidade, escolha de portas, fluxo e densidade de ocupantes. O *software Pathfinder* é comumente utilizado em simulações de desempenho de abandono de edificações em casos de emergência, no entanto é capaz de fornecer informações pertinentes para análise dos fluxos dos ocupantes. Mesmo apresentando

limitações quanto à simulação de aspectos cognitivos complexos, torna-se uma ferramenta útil para auxiliar no desenvolvimento projetual.

Steffy (2002) ressalta que nas etapas de desenvolvimento projetual, dentro de uma lógica baseada no desempenho, é necessário que o arquiteto compreenda se as soluções encontradas irão atender as demandas requisitadas. Assim, por meio dos modelos de simulação, busca-se a aproximação da situação real, analisar e compreender as variáveis de interferência, visto que eles entregam dados como o movimento da população da edificação, possibilitam examinar os locais de aglomeração e o posicionamento de saídas, visando sua utilização em situações de maior fluxo de ocupantes como em um fim de expediente. Algumas etapas devem ser contempladas para execução de uma simulação, de maneira que seja possível coletar dados para obtenção dos resultados e para seu entendimento. Dessa maneira, Lima (2003) aponta as seguintes fases: elaboração do modelo, inserção das informações, experimentação e análise dos resultados.

Hillier e Tzortzi (2006), abordando a ASE em seu estudo sobre museus e a influência do layout no funcionamento do espaço e na experiência cognitiva do usuário, apontam que, em virtude da ação humana, que possui uma geometria natural característica, o homem está inclinado a imprimir no espaço atributos que traduzem isso. Nesse âmbito, surge a necessidade de entender a vivência das pessoas nos ambientes, com propósito de modificá-los para aprimorar tanto a experiência dos usuários como o próprio espaço, fator que implica diretamente na elaboração e desenvolvimento de aparatos que forneçam subsídios para propiciar essa compreensão.

Fundamentado no princípio de que sociedade e espaço se estabelecem como uma unidade, um sistema ou estrutura espacial, onde “não importam apenas os elementos componentes, mas as formas como eles se articulam entre si” (MEDEIROS, 2006, p. 97), a ASE é incorporada a fim de examinar os padrões espaciais e sua atuação nos padrões sociais.

Os conceitos acerca da Análise Sintática do Espaço foram agrupados no livro *The Social Logic of Space*, de autoria de Bill Hillier e Julienne Hanson, em 1984. Conforme Medeiros (2006), a ASE fornece aparatos para o pesquisador analisar as articulações, representa a probabilidade de comunicação derivadas dos possíveis fluxos diferenciados de pessoas ou veículos, o que “Equivale à exploração dos espaços ou vazios deixados pelos cheios na cidade ou no edifício, facilmente ilustrado por um mapa de figura-fundo” (MEDEIROS, 2006, p. 115).

Hillier e Hanson (1984 *apud* BRAGA, 2013, p. 82) declaram que “(...) porque o espaço tem suas próprias leis e sua própria lógica, pode agir como um sistema de restrições sobre a sociedade”. Assim, é possível compreender a natureza da arquitetura como uma variável independente, que afeta os processos sociais, e que a análise sintática do espaço possibilita quantificar esses processos com auxílio de técnicas e modelos computacionais. Dentre essas técnicas, ressalta-se para o presente estudo as medidas de conectividade, integração e inteligibilidade.

A conectividade é tida como uma medida local, que demonstra a quantidade de conexões diretas de um espaço com seus vizinhos; também se vincula à visibilidade de espaços contíguos. Já a integração, trata-se de uma medida global, ligada à acessibilidade e ao movimento das pessoas, e afere a profundidade (distância topológica) de um espaço a todos os outros espaços do sistema. Por considerar todo o sistema e a interação de todas as partes entre si, a integração apresenta relação com a tendência de movimento do espaço edificado. A inteligibilidade é estabelecida a partir da correlação dos aspectos locais, evidenciados pela conectividade, juntamente com os globais, indicados pela integração; é uma propriedade que está relacionada ao mapeamento cognitivo do espaço, ou seja, a maneira como esse é apreendido pelos usuários.

Assim, as simulações oferecem dados que podem reafirmar, explicar e quantificar os efeitos do espaço no comportamento humano. Logo, configuram-se como ferramentas importantes para fornecer informações quanto aos fluxos, movimentação, eficiência do layout, comunicação interna e, até mesmo, ao aprimoramento da gestão da empresa.

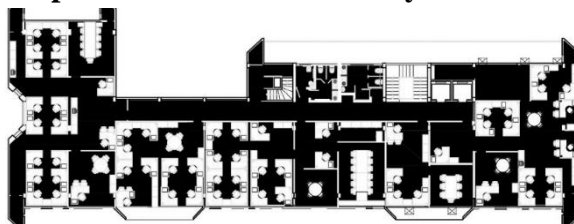
Desenvolvimento

Foi escolhido analisar o pavimento que passará por uma modificação de layout adotando o padrão *open office* com a intenção de melhorias dos fluxos, comunicação e eficiência nos processos, além da intenção de aumentar a quantidade de estações de trabalho no pavimento. Na primeira etapa da análise, para determinar a população do ambiente estudado, recorreu-se à norma 9077 de Saídas de Emergência em Edifícios (ABNT, 2001). Esta norma considera o tipo de ocupação e a área da edificação, sendo correspondente ao Grupo D, que se enquadra em “Serviços profissionais, pessoais e técnicos”. Assim, será utilizada a área do pavimento do edifício escolhido, excluindo os *shafts*, elevadores e escadas, considerando 7,00m² de área por pessoa, fator apresentado na norma. Essa população servirá para a simulação de movimentação

de ocupantes no espaço, simulando um cenário de fim de expediente, onde pode ocorrer um aumento no fluxo de pessoas em busca da saída da edificação. Embora o novo layout permita um maior número de pessoas, adotou-se a mesma população fixa em ambos os cenários visando obter um comparativo sem que a quantidade de pessoas variável influenciasse no resultado.

O pavimento escolhido possui área construída de 659,55m². As características arquitetônicas do edifício apresentam algumas particularidades na fachada, dado as saliências em algumas janelas, porém não afetam na espacialidade interna e disposição do mobiliário. O layout atual apresenta os mobiliários com as mesmas características para as estações de trabalho, possuindo divisórias altas entre elas, algumas são determinadas pelo arranjo de até quatro estações. Os setores são separados por divisórias piso-teto não apresentando grandes áreas abertas. Em meio às salas de trabalho existem três salas de reunião para dar suporte para todos os usuários do pavimento, conforme a Figura 1, nesta edificação a população total encontrada foi correspondente a 93 pessoas.

Figura 1 – Mapa de cheios e vazios do layout atual da edificação

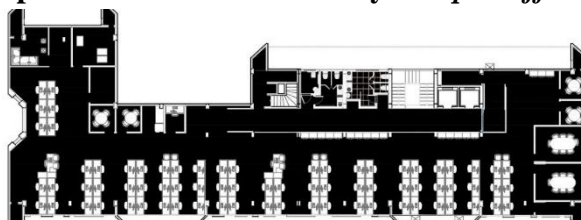


Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao fazer uma primeira análise visual é notório que ela se encontra mais compartimentada, se tornando claro que possui apenas um principal eixo de circulação. Todas os setores estão interligados ao hall através das portas que dão acesso a ele.

Quanto à nova configuração espacial também fornecida pela empresa, observa-se um espaço livre e longitudinal ao longo de todo o pavimento, constando vários postos de trabalho de maneira característica ao *open office* e seis salas de reuniões de quatro e de oito pessoas nas extremidades do pavimento. É notório que no novo layout, apesar de haver um maior número de ocupantes no pavimento e a redução do espaço disponível em cada estação, passou a ser mais regular e livre de obstáculos ou barreiras, possuindo uma lógica espacial mais clara e de aparente fácil apreensão, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Mapa de cheios e vazios do layout *open office* da edificação



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em ciência disso, é proposto verificar a eficiência em relação à circulação de pessoas de ambos os casos, identificando peculiaridades de cada tipologia quanto às circulações e sendo relacionadas às questões de leitura e inteligibilidade do espaço. Foi procurado verificar através de simulações computacionais de movimentação se a mudança para o padrão *open office* representou um ganho de tempo real na maneira de deslocamento interno dos seus usuários. Além disso, através dessa simulação será possível verificar quais espaços são mais utilizados na movimentação e como a lógica e compartimentação do espaço pode afetar na sua legibilidade.

O *Pathfinder* foi utilizado considerando ser um modelo de comportamento parcial, que essencialmente calcula o movimento das pessoas e inclui alguns comportamentos menos complexos, como a inserção do tempo pré-movimento nos ocupantes e o comportamento de ultrapassagem (ONO, 2010). Além de também considerar as características de variação de movimentação, aceleração e velocidade.

Com isso, para elaboração das simulações foi admitido um cenário hipotético de fim de expediente, no qual os ocupantes começam a se retirar dos seus postos de trabalho e deixar a edificação, avaliando assim a movimentação dos usuários no espaço. Consequentemente, foram inseridos no *software* parâmetros de tempo de pré-movimento e velocidade, sendo esses nos intervalos de 30 s - 90 s e 0,8 m/s - 1,5 m/s, respectivamente. A população é constituída por 50 % de homens e 50 % de mulheres, com altura variando entre 1,54 m e 1,83 m.

Nos diagramas gerados a partir das simulações são destacados os percursos dos ocupantes das suas estações de trabalho até a saída mais próxima, verificou-se o acúmulo de ocupantes nas circulações a fim de apontar possíveis pontos não positivos nos layouts quanto ao suporte do espaço de trabalho à população ali frequentada.

Quanto ao layout atual da edificação em análise, percebe-se que a utilização do tipo espaço-célula, caracterizado por estações de trabalho individuais com divisórias, faz com que o espaço adquira uma característica excessivamente compartimentada. Conseqüentemente, o fluxo de pessoas nas circulações entre os mobiliários ocorre de maneira irregular. Também se identifica que nessa configuração há salas que compreendem várias estações de trabalho, onde o espaço é estreito, ocasionando em trajetos com mais mudanças de direção, dado que é necessário passar por mais de um ambiente até que os ocupantes cheguem na porta que conecta com a circulação principal, conforme a Figura 3, a seguir.

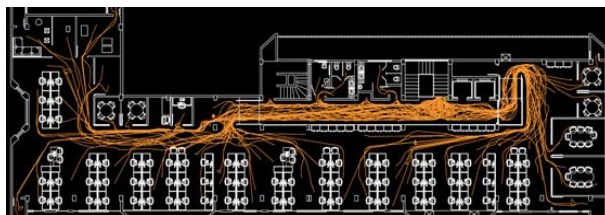
Figura 3 – Mapa de percursos do layout atual da edificação



Fonte: Elaborado pelos autores.

Relativo à nova proposta, seguindo o conceito de *open office*, nota-se que há uma redução da compartimentação percebida no modelo anterior, como também permite um maior adensamento. Isso ocorre graças ao arranjo espacial ter como premissa básica obedecer a um padrão de disposição dos mobiliários e de reduzir a divisão dos ambientes. Dessa maneira, possibilita que a população ali presente faça uso de uma circulação mais fluida, com menos barreiras, e que possui uma lógica organizacional mais facilmente perceptível. Logo, atentando-se aos percursos de movimentação das pessoas exibidos na Figura 4, percebe-se que esses são reduzidos a dois grandes eixos longitudinais, ocorrendo de maneira contínua e sequencial, com menos mudanças de direção, uma vez que o acesso a esses eixos ocorre praticamente de maneira imediata, diferindo da outra configuração.

Figura 4 – Mapa de percursos do layout *open office* da edificação



Fonte: Elaborado pelos autores.

Outro aspecto importante, também proporcionado pela melhora dos caminhos, foi a redução do tempo total que os ocupantes deixaram o pavimento. O tempo verificado no arranjo anterior era de 04min16s e o novo resulta em 02 min 03 s, permitindo constatar que o fluxo está acontecendo de maneira fluida, uniforme e as pessoas circulam de maneira mais rápida. O ganho de tempo com a nova proposta equivale a uma melhoria de 48,04 %.

Utilizando o escopo teórico da análise sintática do espaço, foram extraídos os dados sobre Conectividade, Visibilidade e Integração, do pavimento em análise. O *Depthmap* tem por objetivo ser a interface gráfica para os cálculos matemáticos envolvidos na teoria da ASE, otimizando e gerando saídas de dados em forma de grafos, gráficos e tabelas.

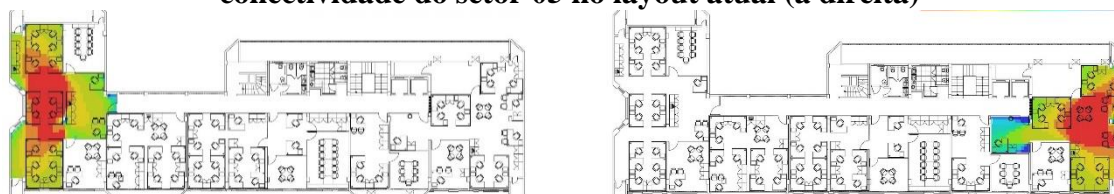
A medida de conectividade está ligada com a relação local do espaço, analisando a ligação direta entre os diversos pontos que formam o espaço em estudo. Por ser uma medida local, de conexão direta, a conectividade é comumente associada a parâmetros de visibilidade e é mais bem aproveitada quando analisada em espaços visualmente contíguos.

Com isso, primeiramente foram gerados mapas de conectividade do layout atual e do layout novo. No layout atual, para verificar a relação direta dos espaços e como as estações de trabalho estão dispostas neles, analisou-se dois setores de maneira independente, conforme apresentado na Figura 5, e logo depois todo o pavimento. Este critério de análise foi escolhido de forma a poder comparar áreas contíguas visualmente. Desta maneira, a análise centrou-se nos resultados gráficos gerados pelo *software* (grafos de visibilidade), observando comparativamente as áreas mais conectadas em relação ao posicionamento das estações de trabalhos e demais itens do layout. A análise do pavimento todo foi feita desconsiderando a existência de portas, embora elas existam, de maneira a equiparar a quantidade total de pontos analisados para que as duas propostas de layout fossem semelhantes.

A análise de conectividade apoiou-se no conceito de *eye-ovist* apresentado por Turner (2004), no qual não foram considerados os mobiliários, sendo relevante apenas os obstáculos na altura dos olhos, como as paredes e divisórias. Assim, com os mapas obtidos, são indicados

com as cores mais quentes pontos do espaço com maiores níveis de conectividade, sendo consequentemente pontos de maior visibilidade, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Grafo de conectividade do setor 01 no layout atual (a esquerda) e mapa de conectividade do setor 05 no layout atual (a direita)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Relativo ao setor localizado à direita, observado na Figura 5, ao analisar juntamente com as plantas contendo os mobiliários do layout atual, o grafo de visibilidade demonstra que a região mais conectada e, conseqüentemente, a que apresenta maior nível de visibilidade, encontra-se locada na parte central da seção analisada, correspondendo às manchas com cores mais quentes. Este setor contabiliza 18 estações de trabalho, de maneira que oito dessas, que se encontram no eixo vertical apresentam maior conectividade. As demais estações de trabalho estão localizadas nas extremidades e possuem tons frios, indicando que são regiões com visibilidade reduzida, o que, por conseguinte, pode indicar menos encontros e comunicação entre a equipe.

No setor localizado à esquerda, conforme a Figura 5, por ser um espaço com volumes variados ou mais compartimentado, é percebido áreas com menor índice de visibilidade no acesso a este setor. É notado que a maior conectividade ocorre também no ponto central, local com menos estações de trabalho, ficando boa parte das estações em locais de média ou baixa conectividade. Ao analisar o pavimento como um todo com o layout novo e com o layout atual, é evidente a mudança das áreas de maior conectividade, de acordo com a Figura 7. Como a área de trabalho foi alterada para um modelo *open office* onde as estações de trabalho são dispostas em um grande espaço sem barreiras visuais, era esperado o aumento substancial da conectividade. O layout novo concentra a grande maioria das estações de trabalho nos locais de mais alta conectividade da planta, o que pode ensejar em maiores possibilidades de comunicação.

Figura 7 – Mapa de conectividade do layout atual (a esquerda) e mapa de conectividade do layout novo (a direita)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na segunda etapa, foram realizados estudos dos níveis de integração. A Integração (HH) é o índice que quantifica a acessibilidade espacial e tendência de movimento. Ela define o grau de integração dos pontos do sistema, predizendo a movimentação de ocupantes entre os espaços (MUSTAFA; RAFEEQ, 2019). Cabe reiterar que dado a esse fator, a integração visual trata-se de uma medida global. Ainda considerando os valores da integração, é possível avaliar a sua correlação com a conectividade e chegar ao grau de inteligibilidade da estrutura espacial analisada, ou seja, qual o grau de possibilidade de facilidade de apreensão desta estrutura por partes dos usuários. Quanto mais forte esta correlação, maior será o grau de inteligibilidade da estrutura espacial. A análise de integração e inteligibilidade considerou as barreiras ao caminhar, logo os mobiliários e divisórias foram considerados. Observando a integração visual do pavimento em análise, é possível observar que as circulações longitudinais são as mais integradas, ficando o hall das escadas como mais integrado para o layout atual e o hall interno para o layout novo, conforme observado na Figura 8.

Figura 8 – Mapa de integração do layout atual (a esquerda) e mapa de integração do layout novo (a direita)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em fatores numéricos, o layout atual apresentou uma integração visual média de 3,72 ao passo que o layout novo obteve 7,00. Considerando que um dos objetivos do novo layout é aumentar as possibilidades de comunicação entre as equipes, o considerável aumento na medida de integração enseja em um potencial aumento na tendência de movimento e possibilidades de encontro na estrutura espacial, dessa forma sendo coerente com a proposta de modificação e com seus objetivos. Ao comparar a correlação entre conectividade e integração é constatado que o layout novo apresenta um aumento no grau de inteligibilidade, passando de 0,843058 (atual) para 0,889585 (novo).

Considerações finais

De maneira inicial, os resultados obtidos através da análise da figura-fundo das plantas baixas e da simulação do *Pathfinder* demonstram que o padrão *open office* tende trazer uma aparente maior ordem espacial, notada visualmente, ao se analisar o contraste gerado entre circulação e ocupação. Constatou-se que houve um razoável ganho no tempo de saída do pavimento referente ao layout que adota a configuração de escritório aberto.

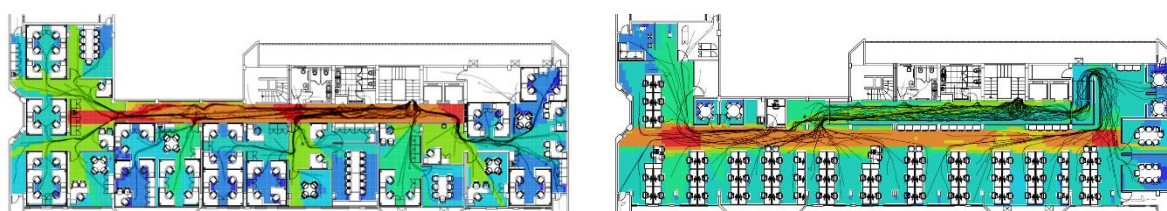
Em contrapartida, no layout atual ocorre a tendência de um maior acúmulo de pessoas em um só ambiente e as circulações demonstram um fluxo descontínuo e variável. Quando essa mesma situação é comparada com o novo layout, é constatado que o trânsito de pessoas passa a ser mais regular, pois os usuários utilizam a mesma circulação dos espaços abertos e não são apresentados muitos obstáculos durante o percurso, o que resulta em menos mudanças de direções. No entanto, é válido reconhecer que com o novo layout e a tipologia *open office*, ocorrerá um maior adensamento de pessoas, a população aumentará e apesar dos ambientes passarem por um planejamento espacial, a área construída continua a mesma, de tal modo que esta nova população poderia resultar em um tempo maior de saída do pavimento ao considerar a população real.

Quanto à segunda parte do estudo, relativa à análise sintática do espaço, também se averiguou que o layout novo demonstrou favorecer as questões de visibilidade e movimento, ratificando o pressuposto inicialmente. No tocante à medida de conectividade, essencialmente local e que se relaciona com a visibilidade direta dos espaços, o padrão *open office*, revelou um aumento significativo em termos de permeabilidade visual, de maneira que se identifica poucas regiões de sombra visual no pavimento. Com respeito às propriedades de tendência de

movimento, compreendidas por meio do conceito de integração, viu-se que em ambas as propostas as circulações longitudinais obtiveram destaque. Ainda assim, o novo arranjo manifestou, quantitativamente, um nível de integração superior ao arranjo original, condição que pode ser associada ao maior ordenamento proposto. Em conformidade com as medidas de conectividade e integração, a nova proposta de organização espacial agregou maior inteligibilidade, implicando em dizer que o sistema espacial pode ser apreendido com mais atenção pelo usuário.

Por meio das duas simulações realizadas, ainda foi possível estabelecer um paralelo entre os mapas fluxos e dos grafos de integração, visto que esse último se encontra intimamente relacionado com os potenciais de movimentação. Assim, os fluxos observados no layout atual se confirmam também por meio do mapa de integração, mostrando que nas regiões onde os trajetos são reduzidos, a gama de cores adquire tons mais neutros ou frios, assim como as zonas de maior circulação são marcadas por cores quentes. Equitativamente ocorre no layout novo, ainda que com menor expressividade, uma vez que um dos acessos ao hall das escadas e elevador fica em uma área menos integrada, conforme a Figura 9. Este último dado pode servir de retroalimentação para alterações na proposta de maneira a localizar todas as saídas da edificação em áreas mais conectadas e integradas visualmente.

Figura 9 – Relação de mapa de fluxos e grafos de integração do layout atual (a esquerda) relação de mapa de fluxos e grafos de integração do layout novo (a direita)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Entende-se que o planejamento espacial da edificação deve expressar a natureza das atividades a serem realizadas de maneira que os usuários possam exercer suas atividades de modo confortável e eficiente. O estudo aqui apresentado empenhou-se em compreender e prever, com o auxílio de simulações computacionais e o escopo teórico da ASE, o impacto das mudanças de layouts no padrão de movimento dos usuários. Diante disso, pretendeu-se

também entender como esses fatores vão atuar no processo de decisão projetual de espaços interno. Cabe ressaltar que a ASE tem uma aplicabilidade diversificada, desde a abrangência de escalas contextuais, como também no emprego de mecanismos de diagnóstico, no qual este estudo retrata de maneira sucinta algumas dessas possibilidades.

Apesar do padrão *open office* favorecer os modos de trabalho integrados e o relacionamento dos usuários, ele ainda não é definido como o modelo ideal. Deve-se atentar à conscientização das empresas quanto à concepção de ambientes dispostos a se adequar com o espaço disponível sem causar dano à logística das atividades e o bem-estar dos funcionários.

Por fim, diante de parte dos resultados apresentados, entende-se que o projeto de extensão tem conseguido atingir o objetivo de trazer parte da prática profissional em casos concretos e aplicados para o dia a dia do estudante dentro do ambiente universitário, interagindo com a comunidade externa à universidade sem deixar de se relacionar com o ensino e a pesquisa no âmbito do curso de arquitetura e urbanismo. Além de motivar a participação de empresas privadas no âmbito acadêmico, sendo um forte aliado para tratar de experiências reais e levar o aluno a experienciar um ambiente de trabalho colaborativo e amplo.

Agradecimentos

Esta pesquisa contou com o apoio financeiro da Companhia Energética do Rio Grande do Norte (Cosern) e o apoio administrativo da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e Fundação Guimarães Duque (FGD).

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9077**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro. 2001.

ABRANTES, Monique. **Um olhar cognitivo sobre o lugar de trabalho**: avaliação de desempenho em ambiente de escritório: estudo de caso em empresa de advocacia. 2004. 221 f. Orientador: Prof. Dr. Paulo Afonso Rheingantz. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) –

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ALLEN, Tim. **Working without walls: an insight into the transforming government workplace.** London: DEGW London, 2004.

BRAGA, Nathália Barbosa de Queiroz. **A inter-relação entre distribuição espacial e desempenho térmico em residências unifamiliares naturalmente ventiladas em Natal/RN.** 2013. 232 f. Orientador: Prof. Dr. Renato T. de Saboya. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CASSANO, Daniella Alessandra; VIDAL, Mario Cesar. **Arquitetura de ambientes de escritórios e ergonomia: estudo de casos múltiplos no setor de serviços de uma mesma empresa.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 14., 2008. Anais [...]. Porto Seguro, 2008.

CHING, Francis D. K. **Arquitetura, forma, espaço e ordem.** São Paulo: Martins Fontes, 1998.

D'AMORE, Aline Dantas de Araújo. **Layout, conforto e satisfação dos usuários em escritórios: uma avaliação pós-ocupação no edifício da sede administrativa do INPE-CRN.** Orientador: Prof. Dr. Marcelo Bezerra de Melo Tinôco. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

HATCH, Mary Jo. The symbols of office design: an empirical exploration. In: GAGLIARDI, Pasquale (ed.). **Symbols and artifacts: views of the corporate landscape.** New York: Walter De Gruyter, 1990.

HEDGE, Alan. The open-plan office: A systematic investigation of employee reactions to their work environment. **Environment and Behavior**, v. 14, n. 5, p. 519-542, 1982.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. The reasoning art: or, the need for an analytical theory of architecture. **Space Syntax Today: First International Symposium**, London, 1997.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. **The social logic of space.** Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

HILLIER, Bill; TZORTZI, Kali. Space syntax: The Language of Museum Space. In: MACDONALD, Sheron (ed.) **A companion to museum studies.** [S.I.]: Blackwell, 2006.

LIMA, Thais Borges Sanches. **Uso da simulação computacional em projetos de iluminação interna.** 2003. 260 f. Orientador: Prof. Dr. Arivaldo Leão de Amorim. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

MEDEIROS, Valério Augusto Soares de. **Urbis brasiliae ou sobre cidades do Brasil: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas.** 2006. 520 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MUSTAFA, Faris Ali; RAFEEQ, Dalia Ali. Assessment of elementary school building in Erbil city using space syntax analysis and school teachers' feedback. **Alexandria Engineering Journal**, Alexandria University, 16 out. 2019.

ONO, Rosaria. **O impacto do método de dimensionamento das saídas de emergência sobre o projeto arquitetônico**: uma análise crítica e proposta de Aprimoramento. 2010. 457 f. Tese (Livre Docência em Tecnologia da Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

STEFFY, Gary. **Architectural Lighting design**. New York, USA: John Wiley & Sons, 2002.

TURNER, Alasdair. **Depthmap 4**: a researcher's handbook. Londres: Bartlett School of Graduate Studies, 2004.

Recebido: 08.10.2021

Aceito: 03.04.2022



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Este trabalho está licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).