REVISTA | MAGAZINE

IPH

23

INSTITUTO DE
PESQUISAS
HOSPITALARES
ARQUITETO
JARBAS KARMAN



REVISTA IPH

EDIÇÃO Nº 23 OUTUBRO DE 2026

Revista IPH

Edição Nº23
Outubro de 2026

Conselho Editorial
Fabio Bitencourt
Jorgeny Catarina Gonçalves
Marilena Pacios
Ricardo Karman diretoria@iph.org.br

Editor
Marcio Nascimento de Oliveira marcio@iph.org.br

Expediente IPH
Rita Moraes secretaria@iph.org.br
Terezinha Vendramini karman@karman.com.br

Projeto Gráfico
Nathalia Duran

Tradução
Espanhol Martin y Claudia Cadillo
Inglês Marina Jarouche

Imagem da capa
Hospital de Urgência de São Bernardo do Campo
Arquitetura Angelo Bucci (SPBR Arquitetos)
Fotógrafo Nelson Kon

ISSN 2358-3630
DOI 10.62558/2358-3630/23.01

Endereço para correspondência
IPH - Instituto de Pesquisas Hospitalares Arquiteto Jarbas Karman
Rua Piracuama, 21 térreo - sala 02
Sumaré, São Paulo - SP
CEP 05017-040
telefone (11) 989059107
e-mail revista@iph.org.br
endereço eletrônico www.iph.org.br/revista

VERSÃO EM

Revista IPH
outubro de 2026

PORTUGUÊS

Sumário

Editorial 04

Marcio Nascimento de Oliveira

Artigo 07

Manutenção predial hospitalar: Desafios, variáveis críticas e diretrizes para o dimensionamento da força de trabalho

Aline Neves Gomes, Prof. Marcelo J. Meiriño e Prof. Fábio Aquino

Artigo 23

A contribuição de tecnologias digitais para o desenvolvimento de projetos com o objetivo de atender aos requisitos de informações necessárias para a operação e manutenção de ativos hospitalares

Adriana Tonani Mazzieiro

Artigo 43

Economia circular em estabelecimentos assistenciais de saúde

Antonio Pedro Alves de Carvalho e Jair de Jesus Lima

Artigo 74

Iluminação natural e processo projetual de Siegbert Zanettini: Hospital Ermelino Matarazzo

Danielly Marcianny Silva Eulário, Paulo Sergio Scarazzato e Ludmila Cardoso Fagundes Mendes

Artigo 93

Percepção de gestores hospitalares sobre a incorporação de tecnologias emergentes e seus impactos na infraestrutura física dos hospitais de Santa Catarina

João Paulo Lucchetta Pompermaier, Lizandra Garcia Lupi Vergara e Patrícia Biasi Cavalcanti

Artigo 115

Hospital de urgências de São Bernardo do Campo: contexto e projeto

Sérgio Luiz Salles Souza e Ângelo Bucci Curadoria de imagens e diagramas: Gabriela Pedini

Versão em Espanhol 154

Versão em Inglês 312

Editorial

A Revista IPH chega à 23ª edição reafirmando o compromisso histórico do IPH – Instituto de Pesquisas Hospitalares Arquiteto Jarbas Karman com a produção e disseminação de conhecimento técnico-científico voltado à arquitetura, à engenharia, à gestão e à operação dos estabelecimentos assistenciais de saúde. Em um cenário marcado pela rápida transformação tecnológica, pelas exigências crescentes de sustentabilidade e pela necessidade permanente de qualificação da infraestrutura hospitalar brasileira, os trabalhos reunidos nesta publicação contribuem de maneira relevante para o aprofundamento das discussões sobre o futuro dos ambientes de saúde.

Os artigos apresentados dialogam entre si ao abordar diferentes dimensões do ciclo de vida dos edifícios hospitalares, desde o planejamento e o projeto até a operação, manutenção e adaptação das estruturas físicas frente às novas demandas assistenciais e tecnológicas. Trata-se, assim, de uma revista que evidencia a importância de integrar conhecimento multidisciplinar, gestão estratégica e inovação para garantir ambientes mais eficientes, resilientes e humanizados.

Abrindo esta edição, o artigo “Manutenção predial hospitalar: desafios, variáveis críticas e diretrizes para o dimensionamento da força de trabalho” discute um dos temas mais sensíveis para a sustentabilidade operacional dos hospitais: a manutenção da infraestrutura física e tecnológica. Em um contexto no qual a complexidade dos sistemas prediais hospitalares cresce continuamente, o estudo destaca a

necessidade de metodologias mais precisas para o dimensionamento das equipes técnicas, considerando variáveis operacionais, criticidade dos sistemas e requisitos de continuidade assistencial.

Na sequência, o trabalho “A contribuição de tecnologias digitais para o desenvolvimento de projetos com o objetivo de atender aos requisitos de informações necessárias para a operação e manutenção de ativos hospitalares” demonstra como ferramentas digitais vêm transformando os processos de projeto e gestão de ativos. A incorporação de metodologias baseadas em informação estruturada, interoperabilidade e modelos digitais representa um avanço significativo para a eficiência da operação hospitalar ao longo do ciclo de vida das edificações.

O debate sobre sustentabilidade ganha destaque no texto “A economia circular em EAS”, de Antonio Pedro Carvalho e Jair de Jesus Lima, que apresenta reflexões importantes sobre o uso racional de recursos, gestão de resíduos e novas estratégias para reduzir impactos ambientais no setor da saúde. A incorporação dos princípios da economia circular aos estabelecimentos assistenciais de saúde aponta para uma mudança de paradigma necessária diante dos desafios ambientais contemporâneos.

Também integra este número da revista o estudo “Iluminação natural e processo projetual de Siegbert Zanettini: Hospital Ermelino Matarazzo”, de Danielly Eulário e colaboradores, que revisita a obra de um dos principais nomes da arquitetura brasileira contemporânea, analisando a relação entre iluminação natural, conforto ambiental e qualidade espacial no projeto hospitalar. O trabalho evidencia como soluções arquitetônicas sensíveis ao clima e ao bem-estar humano permanecem fundamentais mesmo diante do avanço das tecnologias construtivas.

As transformações provocadas pelas tecnologias emergentes no ambiente hospitalar são abordadas no trabalho “Percepção de gestores hospitalares sobre a incorporação de tecnologias emergentes e seus impactos na infraestrutura física dos hospitais de Santa Catarina”, de João Paulo Lucchetta Pompermaier e colaboradores. O estudo revela os desafios enfrentados pelos gestores para adaptar edificações existentes às novas exigências operacionais, digitais e assistenciais, destacando a necessidade de maior flexibilidade e capacidade de atualização dos edifícios de saúde.

Encerrando a revista, o texto “Arquitetura na área da saúde – Hospital Público de Urgência, São Bernardo do Campo”, dos autores convidados Sergio Salles e Ângelo Bucci, apresenta uma reflexão sobre arquitetura hospitalar contemporânea a partir de uma obra pública de grande relevância, enfatizando a relação entre solução arquitetônica, funcionalidade, urbanidade e atendimento humanizado.

Esperamos que os trabalhos aqui publicados contribuam para ampliar o debate técnico e científico sobre os rumos da arquitetura e da infraestrutura hospitalar no Brasil, estimulando novas pesquisas, práticas inovadoras e soluções capazes de responder aos desafios presentes e futuros dos ambientes de saúde.

Agradecemos aos autores, pesquisadores, pareceristas e colaboradores que possibilitaram mais esta edição da Revista IPH. Aos nossos leitores, desejamos uma ótima leitura e os convidamos a seguirem participando ativamente desta rede de conhecimento construída ao longo da trajetória do IPH.

Arq. Marcio Nascimento de Oliveira, MSc.

Editor

Artigo

Manutenção predial hospitalar: Desafios, variáveis críticas e diretrizes para o dimensionamento da força de trabalho

Autores

Aline Neves Gomes Universidade Federal Fluminense.

Prof. Marcelo J. Meiriño, D.Sc Universidade Federal Fluminense.

Prof. Fábio Aquino, D.Sc. Centro Federal de Educação Tecnológica.

DOI: 10.62558/2358-3630/23.01.01

Resumo

A manutenção predial hospitalar é um macroprocesso estratégico essencial para a segurança do paciente e para a continuidade dos serviços de saúde. Apesar de sua relevância, observa-se uma lacuna significativa na literatura científica, especialmente no contexto brasileiro. Este estudo realizou uma revisão sistemática e uma análise bibliométrica de 185 publicações indexadas na base Scopus (1989–2023), utilizando o software R e o pacote Bibliometrix, ferramenta amplamente empregada para mapeamento científico e análise quantitativa de produção acadêmica. Os resultados evidenciaram que a maior parte dos estudos concentra-se em países desenvolvidos, enquanto a literatura nacional permanece limitada. Foram identificadas variáveis críticas para o dimensionamento da força de trabalho em manutenção predial hospitalar, incluindo complexidade dos sistemas, frequência das manutenções, área física, quantidade de ativos e nível de capacitação das equipes. Com base nesses achados, o estudo propõe diretrizes fundamentadas em ordens de serviço, indicadores operacionais e normas técnicas aplicáveis ao setor. O fortalecimento da gestão da manutenção mostra-se indispensável para a promoção de ambientes hospitalares mais seguros, eficientes e sustentáveis.

Palavras-chave:

manutenção predial hospitalar; dimensionamento da força de trabalho; gestão de infraestrutura hospitalar.

1. Introdução

A manutenção predial tem como objetivo que o edifício desempenhe suas funções de forma que não atrapalhe o uso nem a ocupação, garantindo a funcionalidade, a segurança e o bem-estar dos usuários de um edifício. No ambiente hospitalar, as consequências de falhas em manutenção predial podem ser graves e irreparáveis, podendo causar infecção hospitalar, acidente ou o agravamento do estado de um paciente debilitado. Por isso, a responsabilidade, a disciplina e o conhecimento técnico da equipe se tornam elementos vitais. Cada intervenção exige planejamento meticuloso, com a aplicação rigorosa de medidas de proteção e sinalização. A separação entre materiais sujos ou contaminados e limpos é crucial, evitando a disseminação de riscos. O processo de execução deve ser conduzido com a menor interferência possível na rotina hospitalar, minimizando o impacto sobre pacientes, acompanhantes, médicos e colaboradores (EBSERH, 2022).

Planejar a manutenção predial hospitalar desde o início é crucial para garantir a longevidade, a eficiência e a segurança do prédio hospitalar, assegurando que ele continue cumprindo sua missão fundamental: cuidar da vida humana (Karman, Fiorentini e Karman, 1995).

Em países como os Estados Unidos e o Reino Unido, onde os sistemas de saúde são altamente desenvolvidos, o investimento em manutenção predial hospitalar é visto como fundamental. Estudos do National Health Service (NHS), do Reino Unido, demonstram que, para reduzir incidentes e custos de longo prazo, são realizadas manutenções preventivas regulares em áreas críticas como sistemas de ventilação e de fornecimento de energia (Dejaco, Gramigna e Moretti, 2019). O investimento nesses processos tem reduzido o número de ordens de serviço corretivas, ampliando a segurança e a confiabilidade das operações.

O dimensionamento das equipes de manutenção também é uma prática fundamentada para atender às necessidades específicas dos hospitais, considerando as demandas complexas de sistemas hospitalares. Em hospitais de médio e de grande porte em países desenvolvidos, as equipes de manutenção são organizadas com técnicos especializados, alocados em setores críticos, o que facilita a resposta a incidentes de forma ágil e minimiza os riscos de interrupções (Chen *et al*., 2020).

No entanto, a literatura científica brasileira ainda apresenta lacunas importantes em como dimensionar, de forma objetiva e baseada em dados, as equipes de manutenção predial hospitalar. Enquanto países desenvolvidos já aplicam modelos baseados em indicadores de desempenho, no Brasil, predominam práticas reativas e a falta de metodologias aplicáveis à realidade do Sistema Único de Saúde (SUS).

Neste artigo, propõe-se uma análise da produção científica nacional e internacional sobre manutenção predial hospitalar, com ênfase no dimensionamento da força de trabalho. Para isso, são utilizadas técnicas de revisão bibliográfica e análise bibliométrica, a fim de identificar as principais variáveis técnicas, operacionais e normativas que influenciam a composição de equipes de manutenção. Espera-se, com isso, contribuir para o desenvolvimento de práticas mais seguras, eficientes e sustentáveis na gestão da infraestrutura hospitalar.

Uma versão preliminar dos resultados bibliométricos apresentados neste estudo foi publicada nos Anais do X CBDEH (Gomes, 2024). No entanto, o presente artigo inclui análises expandidas, revisão sistemática reexaminada e discussão aprofundada das variáveis críticas.

2. Fundamentação teórica

2.1 Manutenção predial

A partir do instante em que o edifício ganha vida, seu processo de envelhecimento se inicia. É nesse ponto que as atividades de manutenção assumem um papel crucial, transcendendo a mera correção de falhas e se estabelecendo como uma área estratégica para o desempenho duradouro da estrutura. A manutenção eficaz garante que a ocupação do edifício alcance as metas e os objetivos organizacionais, assegurando sua funcionalidade e valorização ao longo do tempo (Cisne e Albuquerque Junior, 2021).

A negligência no planejamento da manutenção predial pode gerar um efeito dominó de consequências negativas. Investimentos significativos em capital podem ser desperdiçados quando equipamentos e estruturas se deterioram prematuramente, levando à perda de garantias e à necessidade de reparos dispendiosos. Além disso, a falta de manutenção adequada pode comprometer a segurança dos usuários, impactar negativamente a produtividade no ambiente e, por fim, desencorajar novos investimentos no sistema, criando um ciclo vicioso de declínio (Lavy e Bilbo, 2009).

A manutenção predial se organiza em três pilares: segurança, funcionalidade e conforto, assegurando que o prédio ofereça condições adequadas aos usuários e que os investimentos sejam preservados a longo prazo (Guimarães, 2012). A manutenção predial hospitalar se entrelaça intimamente com a cadeia de serviços de saúde, assumindo um papel estratégico e multifacetado. Sua missão primordial é zelar pela segurança e pela longevidade das edificações assistenciais, garantindo um ambiente propício à recuperação e ao bem-estar dos pacientes. A manutenção hospitalar se configura como uma atividade essencial,

exigindo expertise técnica, planejamento meticuloso, organização impecável e gestão eficiente (EBSERH, 2022).

Diante desse cenário, torna-se imperativo repensar a gestão da manutenção hospitalar, adotando medidas eficazes para garantir a plena capacidade operacional dos equipamentos e das instalações. Investir em profissionais qualificados, otimizar os processos de aquisição e aprimorar a infraestrutura são ações essenciais para evitar o desperdício de recursos e, acima de tudo, salvar vidas.

A gestão de manutenção predial hospitalar, além de buscar a integridade e eficiência dos sistemas, precisa garantir que a continuidade das operações ocorra sem interferência no atendimento clínico. Karman e Fiorentini (1995) apontam que, em hospitais, as intervenções precisam ser cuidadosamente planejadas e executadas, realizadas preferencialmente em horários e áreas que reduzam ao máximo o impacto no atendimento dos pacientes. A realização de manutenções programadas em horários de menor fluxo de pessoas ou de fechamento de setores é uma prática comum, visando diminuir o risco de interrupção dos serviços e o desconforto dos usuários (Dejaco, Gramigna e Moretti, 2019).

Ademais, a manutenção predial hospitalar envolve desafios específicos, como o manejo de materiais potencialmente contaminantes e a garantia de que não haverá contaminação cruzada entre áreas limpas e eivadas. Estudos mostram que, quando bem realizada, a manutenção predial hospitalar contribui para a melhoria dos indicadores de segurança e saúde hospitalar, além de gerar economia ao evitar custos de reparos emergenciais e aumentar a longevidade dos equipamentos (Wong, Olanrewaju e Lim, 2021).

Portanto, a manutenção predial hospitalar é um processo complexo e altamente especializado, que envolve o planejamento detalhado, a capacitação contínua dos profissionais envolvidos e o acompanhamento constante dos indicadores de desempenho. Dessa forma, uma gestão eficaz da manutenção predial hospitalar não apenas protege o patrimônio, mas também promove a segurança e o bem-estar dos usuários, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência dos serviços de saúde.

2.2 Bibliometria

A bibliometria é uma técnica essencial para organizar, catalogar e analisar produções acadêmicas de forma sistemática e estatisticamente embasada. Esse método permite mapear a evolução de um tema ao longo do tempo, identificando mudanças, tendências e conexões relevantes na literatura existente (Aria e Cuccurullo, 2017). É amplamente utilizada para estruturar informações em áreas que demandam compreensão aprofundada,

como a manutenção predial hospitalar, um campo essencial para o funcionamento de instituições de saúde, mas ainda carente de pesquisas detalhadas.

Conforme Aria e Cuccurullo (2017), o mapeamento científico não apenas contribui para a pesquisa, mas também desempenha um papel estratégico na formulação de políticas e práticas eficazes. Para tal, a bibliometria se baseia em três leis clássicas: a Lei de Bradford, que investiga a produtividade dos periódicos; a Lei de Lotka, focada na produtividade dos autores; e a Lei de Zipf, que examina a frequência de termos em textos científicos (Guedes e Borschiver, 2005).

3. Metodologia

Este estudo adota uma abordagem metodológica composta por uma análise bibliométrica, de natureza quantitativa, e uma revisão bibliográfica de caráter descritivo, com o objetivo de mapear a produção científica sobre manutenção predial hospitalar e identificar as principais variáveis que influenciam o dimensionamento da força de trabalho nesse contexto.

Para a análise bibliométrica, foram utilizados os indicadores clássicos disponíveis no pacote Bibliometrix, incluindo produtividade de autores, periódicos e países; análise de redes de coautoria; acoplamento bibliográfico; ocorrência e coocorrência de palavras-chave; além da evolução temporal das publicações. A base de dados foi padronizada com remoção de duplicidades, harmonização de nomes de autores e unificação de palavras-chave. Também foram aplicadas métricas de Bradford, Lotka e Zipf para identificar periódicos centrais, produtividade de autores e frequência de termos. Os resultados foram gerados pelo Biblioshiny, interface gráfica do Bibliometrix, que permitiu a construção de mapas científicos, gráficos de tendência e *clusters* temáticos.

A coleta de dados foi realizada na base Scopus, amplamente reconhecida pela qualidade e abrangência de suas publicações científicas. Utilizou-se uma combinação dos descritores "*building maintenance*" e "*health*", aplicando o operador lógico "*AND*" para identificar documentos que abordassem ambos os temas de forma correlacionada. Os dados coletados foram processados utilizando o software R e o pacote Bibliometrix, proporcionando uma análise quantitativa robusta e visualmente compreensível (Aria e Cuccurullo, 2017).

Também foi realizada uma síntese qualitativa das publicações mais relevantes, identificando os métodos, os indicadores e as práticas recomendadas para o dimensionamento da força de trabalho na manutenção hospitalar. Foram extraídas variáveis como complexidade técnica dos sistemas, frequência de manutenções preventivas e corretivas,

área física dos hospitais, localização dos equipamentos críticos, tempo médio de resposta a falhas e indicadores de desempenho (KPIs). A triangulação entre dados quantitativos e qualitativos permitiu uma compreensão mais abrangente e fundamentada das práticas e lacunas existentes no campo.

4. Resultados

4.1 Análise bibliométrica

A coleta de dados abrangeu o período de 1989 a 2023, totalizando 185 publicações distribuídas em 120 fontes distintas (Figura 1). Esse volume de estudos, ao longo de três décadas, evidencia uma carência significativa de pesquisas na área, sobretudo diante do rápido avanço tecnológico e de suas implicações diretas para a gestão hospitalar.



Figura 1 . Informações gerais. Fonte: produção da autora com utilização do software "R" e "Bibliometrix".

A produção científica anual apresentou um crescimento moderado e irregular (Figura 2), atingindo seu pico em 2012, com 17 artigos publicados. Entretanto, o aumento médio de 5,41% ao ano permanece insuficiente diante da complexidade e importância do tema. Em 20 dos 34 anos analisados, foram registradas três publicações ou menos, evidenciando a ausência de uma evolução contínua e consistente.

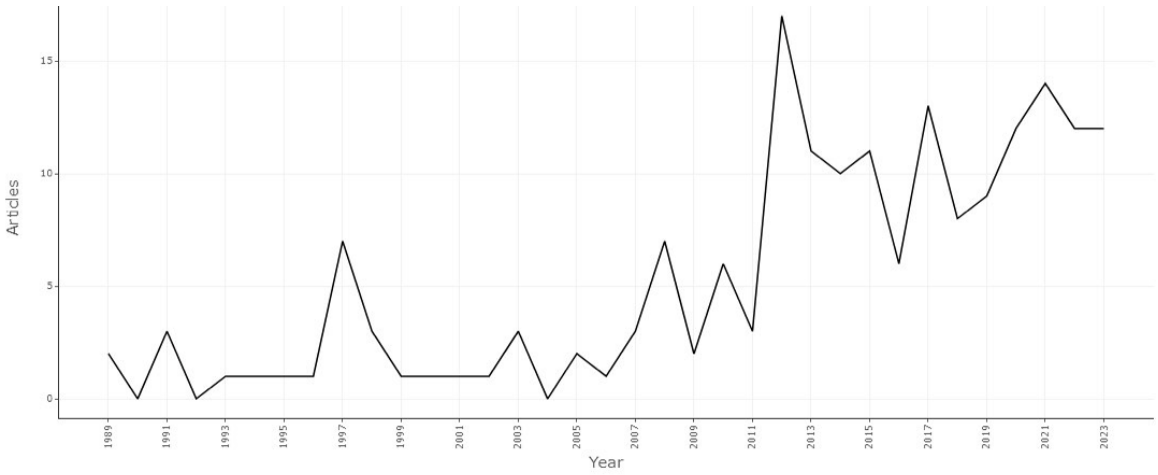


Figura 2 . Produção científica anual. Fonte: produção da autora com utilização do software "R" e "Bibliometrix".

As fontes mais influentes identificadas foram, em sua maioria, institutos de saúde, com maior concentração de publicações a partir de 2010 (Figura 3). Autores como Igal Shohet e Sarel Lavy, embora reconhecidos por trabalhos de alta qualidade e impacto, não têm publicado ativamente na área desde 2010, o que pode sugerir uma estagnação nas contribuições de maior relevância no período mais recente (Figura 4).

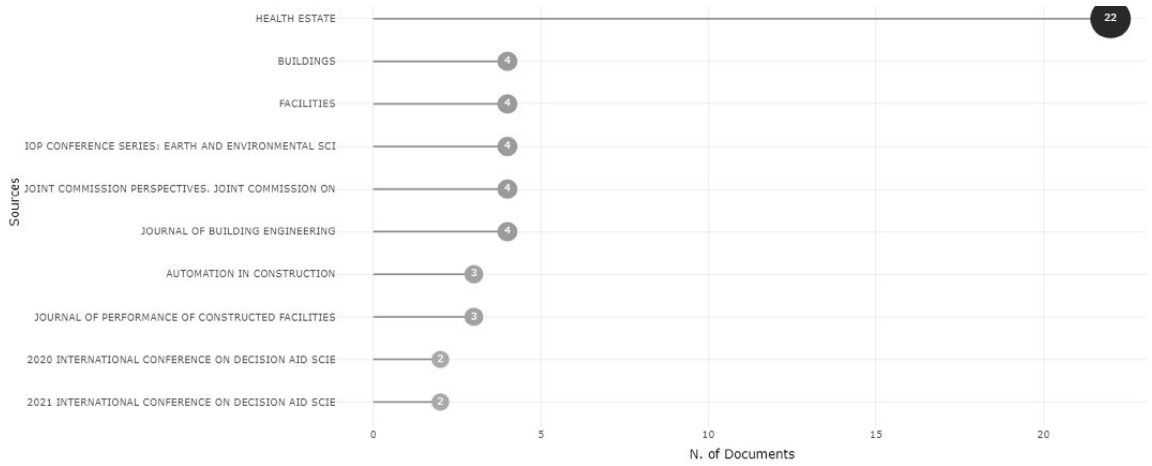


Figura 3 . Fontes relevantes . Fonte: produção da autora com utilização do software "R" e "Bibliometrix".

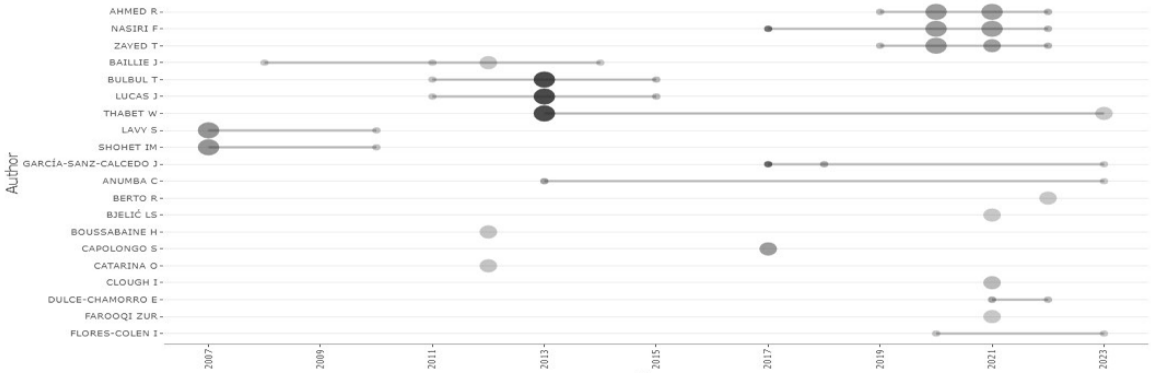


Figura 4 . Produção ao longo dos anos. Fonte: produção da autora com utilização do software "R" e "Bibliometrix".



Figura 5 . Produção científica por países. Fonte: produção da autora com utilização do software "R" e "Bibliometrix".

O estudo demonstra a falta de pesquisas atualizadas e aprofundadas sobre manutenção predial hospitalar, área fundamental para a segurança e a eficiência das operações. A concentração de publicações em poucos autores e regiões reforça a necessidade urgente de novos estudos que contemplem as especificidades de diferentes realidades e contextos.

4.2 Variáveis a serem consideradas para uma metodologia de dimensionamento

De acordo com a revisão bibliográfica referente à manutenção predial hospitalar, o dimensionamento de equipes é um elemento-chave para garantir a operacionalidade, a eficiência e a segurança das instalações hospitalares. Essa necessidade torna-se ainda mais evidente devido à importância da manutenção preventiva e à urgência no atendimento de demandas corretivas, que, se não forem tratadas de forma

oportuna, podem impactar diretamente a segurança dos pacientes e a continuidade do atendimento (Chen *et al*., 2020; Guimarães, 2012). Para o dimensionamento adequado dessas equipes, foram identificadas na literatura algumas variáveis críticas que precisam ser consideradas.

Assim, a primeira variável crítica que influencia o dimensionamento da equipe de manutenção predial é a complexidade dos sistemas instalados. Nos hospitais, além dos sistemas convencionais de infraestrutura predial, como iluminação, energia elétrica e hidráulica, há um conjunto de sistemas especializados que exigem atenção contínua e altamente qualificada, tais como sistemas de ar condicionado, sistemas de controle de infecções, sistemas de gás medicinal, sistemas de ventilação pressurizada em salas cirúrgicas, além de redes elétricas redundantes e sistemas de geração de energia para emergência hidráulica (Karman, Fiorentini e Karman, 1995; Lavy e Bilbo, 2009).

A presença desses sistemas demanda profissionais com capacitações específicas para cada área técnica, o que significa que o dimensionamento da equipe não deve se basear apenas na quantidade de profissionais, mas também no seu nível de qualificação técnica. Em um ambiente hospitalar, sistemas como ventilação, gases medicinais e redes elétricas demandam técnicos especializados em cada área. Falhas nesses sistemas podem ter consequências graves, como a interrupção de procedimentos críticos ou riscos à saúde de pacientes e funcionários, o que reforça a necessidade de uma equipe de manutenção predial altamente especializada e treinada (Dejaco, Gramigna e Moretti, 2019; Jesumoroti, Olanrewaju e Khor, 2022).

Assim, um aspecto adicional relevante no dimensionamento da equipe é a especialização necessária dos profissionais. Dessa forma, o dimensionamento da equipe deve também priorizar a qualificação técnica e o treinamento contínuo dos profissionais envolvidos, em conformidade com as regulamentações nacionais, como as normas NR-4, NR-10, NR-12 e NR-33 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2018; 2019; 2020; 2021).

Outro fator fundamental destacado por Xenos (1998) é a frequência das manutenções preventivas e corretivas. Para manter um hospital operando de maneira eficiente e segura, é crucial adotar uma abordagem proativa por meio de manutenções preventivas regulares. No que tange às equipes de manutenção predial hospitalar, deve considerar fatores-chave, como a carga de trabalho associada às manutenções preventivas e corretivas, o tempo médio de resposta a falhas e a qualificação técnica necessária para lidar com os diversos sistemas presentes no hospital (Fotovatfard e Heravi, 2021). Além disso, em hospitais, o tempo de resposta para a correção de falhas imprevistas é crítico, especialmente quando envolvem sistemas que impactam diretamente a vida dos pacientes, como sistemas de suporte

à vida ou fornecimento de energia elétrica. Assim, o número de técnicos disponíveis deve ser suficiente para lidar não apenas com as atividades preventivas, mas também para responder rapidamente a qualquer emergência ou falha operacional que exija intervenção imediata.

A dimensão da área construída e a dispersão dos equipamentos críticos nos diferentes setores do hospital são variáveis fundamentais no dimensionamento de equipes de manutenção hospitalar, especialmente em hospitais de grande porte. A complexidade e a extensão física das instalações, que incluem unidades de terapia intensiva, centros cirúrgicos, laboratórios e áreas de apoio, exigem um planejamento estratégico para garantir que a equipe de manutenção esteja dimensionada e posicionada de forma a atender a todas essas áreas com eficiência (Guimarães, 2012; Dejaco, Gramigna e Moretti, 2019). Segundo Xenos (1998), a distribuição da equipe de manutenção deve considerar tanto a criticidade dos equipamentos quanto a localização física dos ativos, o que pode reduzir significativamente o tempo de resposta em casos de falha. Essa abordagem é corroborada por estudos que indicam que a criação de subequipes especializadas, alocadas conforme a importância dos sistemas e a proximidade dos setores hospitalares críticos, permite maior rapidez e efetividade nas intervenções (Fotovatfard e Heravi, 2021). Além disso, a dispersão de equipes com base em zonas geográficas dentro do hospital, como sugerido por Wong, Olanrewaju e Lim (2021), facilita a execução de manutenções de modo ágil e minimiza o impacto de interrupções nos serviços essenciais, reforçando a importância de uma gestão de manutenção estruturada para otimizar recursos e melhorar a segurança operacional dos ambientes hospitalares.

O uso de indicadores de desempenho (KPIs) é amplamente recomendado como ferramenta para a avaliação contínua da eficácia das equipes de manutenção. Indicadores como **tempo médio de resposta a ordens de serviço corretivas, frequência de manutenções preventivas e taxa de reincidência de falhas** permitem ajustes no dimensionamento e na alocação da equipe conforme as necessidades operacionais (Fotovatfard e Heravi, 2021). Segundo estudos conduzidos por Xenos (1998), a análise desses indicadores é crucial para assegurar que a equipe de manutenção atenda às demandas do hospital de forma eficiente e que esteja preparada para intervenções rápidas em sistemas críticos. Adicionalmente, estudos recentes têm mostrado que hospitais que adotam sistemas automatizados de monitoramento conseguem identificar e resolver problemas de forma mais ágil, aumentando a eficiência da equipe e reduzindo o número de ordens de serviço corretivas (Ebiloma, Aigbavboa e Anumba, 2023).

O estudo de Enshassi e El Shorafa (2015), realizado na Faixa de Gaza, destaca que o dimensionamento de mão de obra para manutenção predial hospitalar deve ser baseado em indicadores de desempenho,

como o **Maintenance Efficiency Indicator (MEI)**, que mede a eficiência dos recursos alocados em relação à condição física dos edifícios. Segundo os autores, "o MEI fornece uma indicação quantitativa da eficiência com que as atividades de manutenção são implementadas, permitindo ajustes na alocação de recursos e priorização de estratégias preventivas" (Enshassi e El Shorafa, 2015, p. 222). Essa abordagem é essencial para garantir o equilíbrio entre demandas corretivas e preventivas, evitando sobrecargas e otimizando o desempenho das equipes de manutenção. A abordagem considera a variabilidade nas condições dos edifícios e a complexidade dos sistemas hospitalares, demonstrando que o planejamento inadequado pode sobrecarregar os profissionais com demandas emergenciais, comprometendo a eficiência e a funcionalidade das instalações. O uso de KPIs permite otimizar o desempenho das equipes, ajustando recursos humanos de acordo com as necessidades específicas das instituições de saúde, promovendo uma manutenção mais eficaz e econômica.

Uma metodologia de dimensionamento deve estar em conformidade com normas regulamentadoras nacionais e internacionais aplicáveis, como a NR-4, NR-12 e NR-33, que estabelecem padrões de segurança e procedimentos específicos para instalações e atividades de manutenção predial. As regulamentações específicas para ambientes hospitalares, como as da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), também orientam o planejamento e a execução das manutenções (ABNT, 2018; ABNT, 2019; ABNT, 2020; ABNT, 2021).

A literatura sugere, ainda, que o dimensionamento da equipe de manutenção hospitalar deve ser um processo dinâmico, revisado regularmente para adaptar-se a mudanças no ambiente hospitalar, como a introdução de novos equipamentos e a expansão de áreas de atendimento (Chen *et al*., 2020). Nesse sentido, é essencial que o dimensionamento inclua uma margem de segurança, dado o caráter imprevisível de muitas intervenções hospitalares, além da possibilidade de crises sanitárias e emergenciais, as quais podem demandar respostas rápidas e precisas (Xenos, 1998; Karman, 1994).

De acordo com Picchiai (2009), pesquisador do Programa de Estudos Avançados em Administração Hospitalar e de Sistemas de Saúde (PROAHSA), Coelho (2006) enfatiza a importância estratégica do dimensionamento da manutenção predial para garantir o funcionamento contínuo das infraestruturas hospitalares. Nesse contexto, a terceirização é apontada como uma prática eficiente, sendo recomendada a presença de profissionais, como engenheiros civis, eletricistas e pedreiros, na proporção de um grupo para cada 200 leitos hospitalares, com o objetivo de atender tanto às demandas rotineiras quanto às emergenciais (Picchiai, 2009, p. 142). Picchiai (2009) também relata que Coelho (2006)

destaca a necessidade de planejar o setor de manutenção considerando as especificidades das infraestruturas hospitalares, como o parque tecnológico instalado e a qualificação dos profissionais envolvidos. Adicionalmente, a supervisão técnica, muitas vezes realizada por engenheiros, é considerada essencial para coordenar as atividades de manutenção predial e de equipamentos, evitando impactos nos serviços hospitalares (Picchiai, 2009, p. 142).

A RDC nº 2/2010 da Anvisa (BRASIL, 2010) estabelece requisitos essenciais para a infraestrutura física nos serviços de saúde, com o objetivo de garantir a segurança, a funcionalidade e as condições higiênico-sanitárias adequadas. Apesar de tratar de aspectos relacionados à manutenção predial, a resolução não oferece diretrizes específicas voltadas ao dimensionamento de equipes de manutenção. Essa lacuna reforça a necessidade de metodologias específicas que considerem as particularidades do ambiente hospitalar.

Por sua vez, a ABNT NBR 5462:1994, que aborda confiabilidade e manutenção, apresenta definições de termos e conceitos fundamentais para a gestão e análise de sistemas, equipamentos e instalações. Embora essa norma não trate diretamente do dimensionamento de equipes, ela fornece uma base teórica valiosa para a tomada de decisões nesse campo. No entanto, sua aplicabilidade é frequentemente mais alinhada a contextos industriais do que ao ambiente hospitalar.

5. Considerações finais

A manutenção predial hospitalar é uma atividade essencial para garantir a segurança dos pacientes, a continuidade dos serviços e a eficiência da infraestrutura em saúde. Este estudo evidenciou uma lacuna significativa na produção científica nacional sobre o dimensionamento da força de trabalho nesse setor, especialmente em instituições públicas de grande porte. A análise bibliométrica demonstrou a concentração da literatura em países desenvolvidos, o que dificulta a aplicação direta de seus modelos ao contexto brasileiro, marcado por desafios específicos de ordem técnica, operacional e normativa.

Frente a esse cenário, propõe-se o desenvolvimento de metodologias próprias, baseadas em dados históricos, indicadores de desempenho e regulamentações aplicáveis, com vistas a orientar o planejamento eficiente das equipes de manutenção. Recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a análise empírica em hospitais brasileiros, contribuindo para a formulação de diretrizes mais adaptadas à realidade local. A gestão eficaz da manutenção hospitalar deve ser reconhecida como uma estratégia estruturante para a qualidade assistencial e a sustentabilidade dos serviços de saúde.

Referências

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. **Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis**. Journal of Informetrics, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007. Acesso em: 05 jul. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462: Confiabilidade e manutenção**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5674: Manutenção de edificações** – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **RDC nº 2, de 25 de janeiro de 2010. Dispõe sobre os requisitos mínimos para a infraestrutura física de serviços de saúde**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 jan. 2010. Disponível em: https://www.in.gov.br. Acesso em: 5 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-4 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho**. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília, 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília, 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-33 – Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados**. Brasília, 2020.

CHEN, Dan *et al*. **An indicator system for evaluating operation and maintenance management of mega infrastructure projects in China**. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 17, n. 24, p. 9589, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijerph17249589. Acesso em: 5 jul. 2025.

CISNE, Vandeilson do Nascimento; ALBUQUERQUE JUNIOR, Carlos Roberto Falcão. **Planejamento estratégico para implantação de uma gestão de excelência de manutenção predial e facilities com o aporte do PPCGM**. In: XLI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2021, Foz do Iguaçu. Anais [...]. Foz do Iguaçu, 2021. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_354_1822_41893.pdf. Acesso em: 5 jul. 2025.

DEJACO, M. C.; GRAMIGNA, M.; MORETTI, N. **Plant maintenance in hospitals facilities**. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 296, p. 012030, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1088/1755-1315/296/1/012030. Acesso em: 5 jul. 2025.

EBSERH – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares. **Gestão de manutenção predial hospitalar para os hospitais da rede Ebserh**. 1. ed. Brasília: EBSERH, 2022.

ENSHASSI, Adnan Ali; EL SHORAFA, Farida. **Key performance indicators for the maintenance of public hospitals buildings in the Gaza Strip**. Facilities, v. 33, n. 3/4, p. 206-228, 2015.

FOTOVATFARD, Armaghan; HERAVI, Gholamreza. **Identifying key performance indicators for healthcare facilities maintenance**. Journal of Building Engineering, v. 42, p. 102838, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102838. Acesso em: 5 jul. 2025.

GOMES, Aline Neves. **Gestão na manutenção predial hospitalar: uma análise bibliométrica**. In: CONGRESSO BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO DO EDIFÍCIO HOSPITALAR – CBDEH, 10., 2024, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABDEH, 2024. p. 74-82.

GUEDES, Vânia L. S.; BORSCHIVER, Suzana. **Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento em sistemas de informação, comunicação e avaliação científica**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 6., 2005, Salvador. Anais [...]. Salvador: ICI/UFBA, 2005. Disponível em: https://cinform-nteriores.ufba.br/vi_anais/docs/VaniaLSGuedes.pdf. Acesso em: 5 jul. 2025.

GUIMARÃES, José Mauro Carrilho. **A problemática da manutenção predial e de equipamentos em estabelecimentos de saúde pública do município do Rio de Janeiro**. 2012. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional em Saúde) – Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/8811. Acesso em: 5 jul. 2025.

JESUMOROTI, Christtestimony; OLANREWAJU, AbdulLateef; KHOR, Soo Cheen. **Defects in Malaysian hospital buildings**. International Journal of Building Pathology and Adaptation, 2022. DOI: 10.1108/IJBPA-12-2021-0166.

KARMAN, Jarbas. **Manual de manutenção hospitalar – Manutenção Preditiva**. São Paulo: Pini, 1994.

KARMAN, Jarbas; FIORENTINI, Domingos; KARMAN, Jarbas N. M. **Manutenção incorporada à arquitetura hospitalar**. Brasília: Ministério da Saúde/SAS, 1995. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manut_hospit.pdf. Acesso em: 5 jul. 2025.

LAVY, Sarel; BILBO, David L. **Facilities maintenance management practices in large public schools.** Facilities, v. 27, n. 1/2, p. 5-20, 2009.

LI, Yongkui *et al*. **Automated analysis and assignment of maintenance work orders using natural language processing**. Automation in Construction, v. 165, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105501. Acesso em: 5 jul. 2025.

PICCHIAI, Djair. **Parâmetros e indicadores de dimensionamento de pessoas em hospitais**. Relatório de pesquisa. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2009.

PRITCHARD, Alan. **Statistical bibliography or bibliometrics?** Journal of Documentation, v. 25, n. 4, p. 348-349, 1969.

WONG, Wai Fang; OLANREWAJU, AbdulLateef; LIM, Poh Im. **Value-Based Building Maintenance Practices for Public Hospitals in Malaysia**. Sustainability, v. 13, n. 11, p. 6200, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su13116200. Acesso em: 5 jul. 2025.

XENOS, Harilaus G. P. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

Autores

Aline Neves Gomes Chefe do Serviço de Obras e Instalações do Instituto Nacional de Câncer (INCA) e mestra em Sistemas de Gestão pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Atua há dez anos no INCA, com foco na gestão integrada da manutenção predial hospitalar. Trabalhou por seis anos na Beneficente Portuguesa do Pará, também na área de arquitetura hospitalar. É graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e possui Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: ang@alprojetos.com

Marcelo J. Meiriño Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com mestrado e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Engenheiro de Segurança do Trabalho e especialista em Eficiência Energética, atua no desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis. É professor da UFF nos programas de mestrado e doutorado em Sistemas de Gestão e coordena o Núcleo de Inovação e Tecnologia para a Sustentabilidade (NITS/UFF). Coordenador do Grupo de Pesquisa em Inovações e Sustentabilidade (CNPq/UFF) e do Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Foi intercambista do IVLP, do Departamento de Estado dos EUA. Atua como consultor em projetos de P&D (ANEEL) e em periódicos científicos indexados.

E-mail: marcelojm@id.uff.br

Fábio Aquino Administrador formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), com mestrado e doutorado em Sistemas de Gestão pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Atuou por 12 anos na iniciativa privada, nos setores financeiro e imobiliário. Foi chefe da Seção de Compras e da Divisão de Pesquisa na Pró-reitoria da UFF, onde atualmente também exerce a chefia. Atuou como gestor público de contratos no legado olímpico (2021–2023). Lecionou na Faculdade Paraíso e atualmente é professor 40h do CEFET/RJ. Possui publicações em congressos e periódicos científicos e experiência na organização de eventos acadêmicos.

E-mail: faquin98@gmail.com

Artigo

A contribuição de tecnologias digitais para o desenvolvimento de projetos com o objetivo de atender aos requisitos de informações necessárias para a operação e manutenção de ativos hospitalares

Autora
Adriana Tonani Mazzieiro Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

DOI: 10.62558/2358-3630/23.01.02

Resumo

Os hospitais são edificações complexas que exigem uma gestão de operação e manutenção sistematizada e com alto grau de assertividade. Esta pesquisa visa discorrer sobre as especificidades destas unidades assistenciais e entender como as tecnologias digitais podem contribuir para o desenvolvimento de projetos que tenham, como objetivo, atender aos requisitos de informações necessárias para esta fase de seu ciclo de vida. A metodologia é exploratória e parte da revisão bibliográfica, seguida de um estudo de dois casos que consideram diferentes tecnologias digitais para o desenvolvimento de projetos, e o registro das informações necessárias à gestão de facilities. Embora os exemplos apliquem tecnologias digitais diversas, eles se aproximam quanto ao entendimento de que as informações a serem preservadas e registradas para o uso futuro estão presentes desde a fase de projeto no início do ciclo de vida do ativo, passando pela fase de construção até que serão entregues para a fase de operação e manutenção.

Palavras-chave:

tecnologias digitais, hospitais, gestão de facilities, operação e manutenção.

1. Introdução

Os hospitais apresentam estruturas funcionais complexas que demandam grande atenção dos agentes envolvidos em sua administração quanto aos sistemas de infraestruturas físicas e de equipamentos médicos. Com o desenvolvimento e a especialização crescente das diversas áreas da medicina, as edificações hospitalares precisam atender, cada vez mais, a uma espacialização arquitetônica diversificada, que supra todas as exigências de uma alta qualidade de atendimento assistencial.

Essa especificidade das edificações hospitalares exige dos arquitetos e urbanistas uma visão sistêmica do objeto arquitetônico, capaz de responder às complexidades físico-funcionais da edificação hospitalar, não prescindindo das qualidades de humanização e do conforto ambiental necessários ao bem-estar dos pacientes, levando-se em consideração o paradigma contemporâneo dos hospitais como lugares de recuperação da saúde.

O número de informações a serem armazenadas, tanto em relação às infraestruturas físicas quanto dos equipamentos médicos hospitalares, tem crescido exponencialmente, e a necessidade de organizar essas informações de maneira objetiva e sistematizada é um imperativo para que a operação e a manutenção hospitalares ocorram de maneira eficaz.

O avanço das tecnologias digitais para projeto, registro e armazenamento de informações sobre os ativos construídos, já facilitado com o aparecimento das plataformas CAD – *Computer-Aided Design* – foi modificado e incrementado, de forma significativa, com o surgimento das plataformas BIM – *Building Information Modeling*, na medida que, não somente os dados geométricos dos edifícios ficam registrados, mas também as informações pertinentes e selecionadas para utilização futura, que podem estar disponibilizadas no modelo tridimensional.

Assim, a possibilidade de assertividade nas ações de operação e manutenção das edificações hospitalares tornou-se mais efetiva, uma vez que as informações necessárias para sanar qualquer intercorrência que possa ocorrer estarão disponíveis de maneira mais direta para o usuário, garantindo um aumento de velocidade e qualidade de resposta nos serviços prestados aos pacientes.

2. Justificativa

A escolha do tema baseou-se na identificação da importância da fase de operação e manutenção dos ativos hospitalares, compreendida na observação direta de seus processos, vivenciada em diversas unidades assistenciais onde pude atuar como profissional com equipes de

manutenção e operação e na revisão bibliográfica atualizada sobre o assunto, onde demonstra-se sua relevância e como as tecnologias digitais podem contribuir para a melhoria dessa gestão.

Nesta pesquisa, parte-se do entendimento de que o ciclo de vida de um ativo hospitalar inicia-se com o estudo de viabilidade do empreendimento e se desenvolve segundo as fases seguintes de projeto arquitetônico e demais projetos de engenharia, a construção, o comissionamento, a operação e manutenção, até que um dia, se houver um esgotamento de suas características construtivas para corresponder aos seus usos, ele poderá ser reabilitado com reformas, desmontado ou demolido.

Dada a sua alta complexidade físico-funcional, os hospitais são edificações onde a gestão do ativo construído precisa estar alinhada com os processos mais avançados de operação e manutenção, no intuito de não só desempenhar um bom resultado operacional, mas, principalmente, atender à demanda da urgência apresentada em algumas das situações de manutenção. Como citado pelo professor Jarbas Karman, em seu livro *Manutenção e Segurança Hospitalar Preditivas*:

> O hospital é considerado um dos empreendimentos mais complexos sob o ponto de vista arquitetônico, de engenharia, de instalações, de equipamentos, de segurança, bem como de tecnologia e de administração. Seus equipamentos, aparelhos, instalações e suprimentos são de uso contínuo e constante (Karman, 2011, p.41).

Portanto, os arquitetos e urbanistas devem se preocupar em, desde o projeto conceitual dos hospitais, estabelecer premissas que possam auxiliar, no futuro, as equipes de operação e manutenção nos processos de gestão dos ativos hospitalares. Além disso, essas premissas devem ser consideradas no desenvolvimento dos projetos executivos de todas as disciplinas e, posteriormente, na fase de construção, fazendo-se necessário o registro *as-built* das modificações ocorridas durante a obra, para que os dados resultantes estejam atualizados, oferecendo uma fonte de informação segura para a fase de operação e manutenção.

Nos últimos anos, assistiu-se a cenas impressionantes de incêndio em hospitais brasileiros, tais como as de setembro de 2019, no Hospital Badim, causando a morte de 25 pacientes. Outras ocorrências foram notificadas: uma em outubro de 2020, no Hospital Municipal Lourenço Jorge, por causa de um curto-circuito no quadro de disjuntores que, felizmente, conseguiu ser controlado; e outra no prédio 1, do Hospital Federal de Bonsucesso, na zona norte do Rio de Janeiro, em que 200 pacientes foram retirados do edifício e, infelizmente, duas pessoas foram a óbito por causa desse evento. Em Belo Horizonte, na Santa Casa de Misericórdia, maior hospital do estado com 1.200 leitos, o CTI do 10º pavimento pegou fogo por causa de um vazamento de oxigênio atrelado

a um equipamento; os pacientes foram levados para a rua em macas e cadeiras de rodas, resultando no falecimento de três pacientes e na internação de 25 funcionários que ajudaram a evacuar as pessoas, por inalação de fumaça[1].

Dada a gravidade dos episódios e a recorrência de emergências operacionais nos hospitais brasileiros, é imperativo que os projetos considerem a importância de se compreender os requisitos de informações necessárias para a fase de operação e manutenção de edifícios assistenciais de saúde, assim como o estabelecimento de premissas e estratégias de projeto, com a adoção de uma metodologia que garanta a integridade de dados necessários ao atendimento de situações cotidianas de manutenção, bem como de situações de risco, minimizando ao máximo as perdas delas decorrentes.

3. Objetivo

O objetivo deste artigo é demonstrar como as tecnologias digitais podem auxiliar na fase de operação e manutenção de hospitais, seja em edificações que passam por reformas para sua requalificação física, seja em edificações novas.

4. Metodologia

A metodologia de pesquisa adotada para este trabalho foi a exploratória (Gil, 2002, p. 41), partindo-se de uma revisão bibliográfica qualitativa a respeito da importância da fase de operação e manutenção no ciclo de vida dos ativos hospitalares e de como as tecnologias digitais podem auxiliar no atendimento dos requisitos necessários aos processos decorrentes dessa fase. Em seguida, utilizou-se uma análise de exemplos que estimulam a compreensão da relevância da consideração dos requisitos de informação para gestão dos ativos ainda na fase inicial de desenvolvimento de projetos arquitetônicos.

5. Revisão bibliográfica

Os edifícios hospitalares demandam processos constantes de operação e manutenção, dada a sua complexidade e a intensidade de utilização de suas estruturas físico-funcionais. Muitas edificações hospitalares existentes necessitam de ações constantes de requalificação de seus espaços, dado o seu sucateamento físico ou a sua inadequação às novas demandas funcionais, e não possuem ou contam com registros mínimos de informações suficientes para dar suporte adequado à fase de operação e manutenção.

1 Todas as ocorrências citadas atestam a necessidade de se considerar a importância do acesso imediato a informações a respeito das instalações de infraestruturas físicas e um sistema de monitoramento integrado de manutenção e operação, aumentando a qualidade e a eficiência das operações.

> Cada vez mais o hospital se revela *um permanente canteiro de obras e instituição à espera de conclusão* - alterações, inovações, avanços tecnológicos, mudanças, reformas e obras novas se sucedem; equipamentos e instalações são mais frequentemente substituídos; a vida útil dos produtos e a luta contra a obsolescência física e funcional tornam-se mais presentes -, gerando a necessidade de respostas, planejamento, ações e investimentos sempre mais ágeis (Karman, 2011, p.45).

Fornecer as informações necessárias à gestão de ativos deve ser uma preocupação da alta administração[2] das instituições hospitalares, que deve determinar, dentro de sua estrutura organizacional, quais são os requisitos de informações necessárias para que os processos de operação e manutenção ocorram de forma eficaz (ABNT NBR ISO 19650-1:2025).

No registro dessas informações, os projetos devem, necessariamente, quando ainda desenvolvidos em CAD[3], ser compatibilizados com todas as demais disciplinas e documentar, mesmo que em formatos de desenhos 2D, planilhas ou tabelas, as localizações e as informações das principais infraestruturas a serem geridas na fase de operação e manutenção, para que o acesso aos dados essenciais a essa fase seja favorecido pelo registro completo das redes e equipamentos existentes na edificação.

Esse cenário de utilização de tecnologias digitais em CAD – *Computer-Aided Design* ainda é uma realidade no Brasil, na maioria dos hospitais, pois a migração das tecnologias digitais de projetos para o BIM – *Building Information Modeling* exige um grande investimento em *hardware, software* e treinamentos de equipes para sua utilização, o que demanda um planejamento e orçamento de longo prazo para sua implementação. Uma vez adotado o BIM, o modelo poderá ser utilizado, desde que desenvolvido e preparado para tal, para atender aos requisitos de informação necessários ao uso de gestão de ativos integrado ao sistema de manutenção e operação, o que significará um salto qualitativo nesse processo.

A fase de gestão de ativos construídos é a de maior duração do ciclo de vida de uma edificação e, por consequência, a de seu maior custo.

> Focando na fase de uso e operação do ciclo de vida de um empreendimento, entende-se que ela é a mais onerosa por ser a mais longa em relação às demais. Consequentemente, é a etapa que mais se beneficia com o histórico de informações de forma estruturada, pois acumula dados sobre a evolução do empreendimento desde o estágio de concepção. Nessa fase, são geradas as informações específicas, que podem ser usadas para aprimorar o desempenho dos empreendimentos, como: solicitações de serviços, programações de manutenções, relatórios de inspeções, tempo de inatividade e custos de operações. (Mota; Moreira, 2025)

Dada a longevidade característica das edificações construídas e, principalmente, dos altos custos dos investimentos globais de construção

2 Segundo a norma ABNT NBR ISO19650, a alta administração deve determinar o AIR – *Asset Information Requeriment*, para que sejam atendidos os requisitos de informação do ativo no modelo AIM – *Asset Information Model*, na fase de operação e manutenção, quando utilizada a metodologia BIM.

3 Embora a indústria da construção civil esteja evoluindo para a implementação do BIM em todos os setores da economia, o setor assistencial ainda possui diversas dificuldades em sua adoção, o que não pode comprometer o registro das informações necessárias para a fase de operação e manutenção dos hospitais, por isso a abordagem ainda em tecnologias CAD faz-se também necessária.

e de instalações de equipamentos nas edificações hospitalares, potencializar uma gestão eficiente de seu patrimônio físico e de equipamentos médicos torna-se imprescindível, não somente para preservar seu resultado operacional, mas, principalmente, responder ao atendimento seguro e de qualidade de seus usuários.

A gestão de ativos no Brasil é tratada por uma série de normas técnicas traduzidas da série internacional ISO 55000X. Os ativos podem incluir algo que tenha valor real ou potencial, tangível ou intangível, financeiro ou não[4]. A norma brasileira ABNT NBR ISO 55000 define terminologia, visão geral e princípios visando aos resultados esperados para um efetivo processo de gestão de ativos (ABNT NBR ISO 55000, 2024).

> A gestão de ativos pode ser compreendida como uma gestão de inventários, plantas e equipamentos por meio de registros que listam informações. [...] Esses ativos, que consistem no edifício físico, sistemas, ambiente do entorno e equipamentos, devem ser mantidos, atualizados e operados com uma eficiência que satisfaça tanto o proprietário quanto os usuários de maneira mais econômica possível. (Mota; Moreira, 2025)

Na gestão de ativos hospitalares, a administração de *facilities* e a de engenharia clínica são, estrategicamente, as mais importantes para a fase de operação e manutenção, uma vez que afetam diretamente a segurança, a integridade física dos usuários e a qualidade do desempenho assistencial. Os processos de registros das informações a respeito das infraestruturas físicas e dos equipamentos médicos podem variar de acordo com a tecnologia digital aplicada, mas os tipos de informação a serem armazenados podem ser sistematizados e padronizados em qualquer que seja a metodologia adotada.

De acordo com a IFMA – *International Facility Management Association*, a gestão de *facilities* "é uma área do conhecimento cuja função organizacional é de integrar pessoas, lugares e processos dentro do ambiente construído com o propósito de melhorar a qualidade de vida das pessoas e a produtividade do negócio principal" (IFMA, 2025, tradução nossa).

Na Norma Brasileira ABNT NBR ISO 41018:2023, o conceito de gestão de *facilities* é "aquela que integra múltiplas disciplinas para ter uma influência sobre a eficiência e a produtividade das economias de organizações, sociedades e comunidades, bem como a maneira pela qual os indivíduos interagem com o ambiente construído".

No nível operacional, a gestão de *facilities* é responsável por gerir todas as infraestruturas físicas necessárias para uma edificação funcionar com sua máxima eficiência e segurança.

4 No caso desse trabalho, destacam-se os ativos com valores reais e tangíveis como os mais importantes para o registro em projetos, tanto em 2D como em modelos BIM, uma vez que o foco principal da operação e manutenção hospitalares, nessa pesquisa, está centrado nas infraestruturas físicas das edificações e nos equipamentos médicos necessários aos atendimentos assistenciais de qualidade nas instituições de saúde.

Já a gestão de engenharia clínica, segundo a Abeclin – Associação Brasileira de Engenharia Clínica,

> "é a área de conhecimento que deve se ocupar das técnicas de engenharia no gerenciamento de equipamentos de saúde com o objetivo de garantir a rastreabilidade, usabilidade, qualidade, eficácia, efetividade, segurança e desempenho destes equipamentos, no intuito de promover a segurança dos pacientes" (ABECLIN, 2025).

No nível operacional, a engenharia clínica garante o perfeito funcionamento dos equipamentos médicos.

Com relação às informações dos ativos que devem ser gerenciados na fase de operação e manutenção, a Norma Britânica BS 8210:2012 estabelece uma listagem dos principais registros a serem gerenciados. Segundo a norma, os dados dos ativos devem incluir informações, tais como: a catalogação do número de identificação, a localização, a expectativa de vida útil, a discriminação, o modelo e o fabricante, a data de fabricação, o fornecedor, a data de aquisição e de instalação, o custo, as peças e o s ciclo para substituição, o consumo de energia, a depreciação e o valor final pós-depreciação, o ciclo de manutenção e o custo e o tipo de capacitação necessária para o operador de manutenção (BS 8210:2012 *apud* Mota; Moreira, 2025, p.188).

Essas informações podem estar registradas em sistemas de gestão de manutenção hospitalar, CAFM – *Computer Aided Facility Management*/ CMMS – *Computerized Maintenance Management Systems*, que gerenciam as infraestruturas e as ordens de serviços de manutenção de forma ordinária, ou integrados em sistemas mais avançados, que criam a conexão entre os sistemas FM – *Facility Management* e a modelagem BIM para gestão de ativos. A vantagem de haver um modelo AIM – *Asset Information Model* da edificação, definido na Norma Brasileira ABNT NBR ISO 19650-1:2025 como o modelo de informação relacionado à fase de operação de um ativo é que ele associa dados geométricos com dados não geométricos, além de vir carregado com as informações necessárias a uma gestão mais sistemática dos processos envolvidos (ABNT NBR ISO 19650-1:2025).

Os sistemas FM – *Facility Management*, que possibilitam a integração com modelos AIM – *Asset Information Model*, podem viabilizar essa conexão de maneiras diferentes: diretamente, em que os modelos BIM, em formatos nativos ou em abertos ".ifc" – *Industry Foundation Classes*, conseguem ser inseridos nos sistemas; por meio de uma conexão pelo desenvolvimento de uma API – *Application Programming Interface*, uma interface que facilita a troca de informações e a integração de funcionalidades; ou de maneira indireta, utilizando-se do COBie – *Construction Operations Building Information Exchange*, um MVD – *Model View Definition*, subconjunto do

".ifc" que seleciona do modelo somente as informações necessárias para a fase de operação e manutenção, fornecendo os dados não geométricos intercambiáveis entre o modelo AIM e os sistemas FM – *Facility Management*.

> COBie – *Construction Operations Building Information Exchange* é uma especificação para a captura e entrega de informações de projeto/construção para gestores de facilities. As especificações COBie podem ser compiladas usando uma planilha ou um software compatível com COBie. (BIM Dictionary, 2025, tradução nossa)

Nos exemplos apresentados a seguir será possível entender as premissas que podem ser adotadas desde a fase inicial do projeto arquitetônico para o atendimento dos requisitos de informação necessárias para a fase de operação e manutenção de ativos e as diferentes contribuições das tecnologias digitais que podem auxiliar nessa fase do ciclo de vida dos empreendimentos hospitalares.

6. Estratégias de projeto para atendimento dos requisitos de informação visando à fase de operação e manutenção de ativos hospitalares

6.1 Caso A – Requalificação do edifício do antigo Hospital Hilton Rocha – tecnologia digital adotada: CAD – Computer-Aided Design

O Hospital Hilton Rocha, em Belo Horizonte, foi projetado pelo arquiteto e professor Jarbas Karman na década dos anos 70. O edifício funcionou como Instituto Hilton Rocha, hospital dedicado a tratamentos oftalmológicos e encerrou suas atividades no ano de 2002, anos após o falecimento do Dr. Hilton Rocha em 1993, por motivos econômicos. Em 2009, foi arrematado em leilão público por um grupo de médicos e, a partir de 2017, passou por um processo de construção do projeto aprovado de reforma e ampliação para sua reestruturação física. Na Figura 1, vê-se o hospital existente antes da sua reforma e ampliação.



Figura 1 . Hospital Hilton Rocha antes da reforma e ampliação. Fonte: acervo dos arquitetos responsáveis pela reforma e ampliação do hospital, 2011.

Embora, na indústria da construção civil, a transformação digital com a utilização do BIM já ocorresse quando iniciados os planos de reforma e ampliação do hospital, por decisão dos proprietários, os projetos foram desenvolvidos em CAD. Mesmo utilizando-se de uma tecnologia digital, sem o uso de modelos geométricos, algumas premissas de projeto foram adotadas para atender aos requisitos de planejamento do hospital, visando à fase de operação e à de manutenção da edificação, distribuídas nas seguintes fases:

a. Levantamento topográfico e arquitetônico do hospital existente: visando ao registro do potencial construtivo prévio para definir a capacidade do antigo edifício em receber as infraestruturas necessárias para atendimento dos ambientes e equipamentos do novo hospital, bem como da viabilidade estrutural para a construção das ampliações requeridas. A análise proporcionada por esses levantamentos visou investigar as qualidades preexistentes da edificação e sua correspondência à nova configuração operacional, aproveitando ao máximo suas características físicas. O registro da estrutura original, com as informações de dimensões e alturas dos elementos construídos existentes, serviu de base para o estabelecimento de localizações de furações para *shafts* de instalações e distribuições horizontais de infraestruturas, de tal maneira que seus posicionamentos fossem regidos por uma organização estruturada, visando ao registro *as built* para a futura operação.

Assim, os projetos resultantes dos levantamentos puderam ser superpostos em plantas e cortes da nova proposta, para entendimento das viabilidades técnicas dessa estratégia (Figura 2).

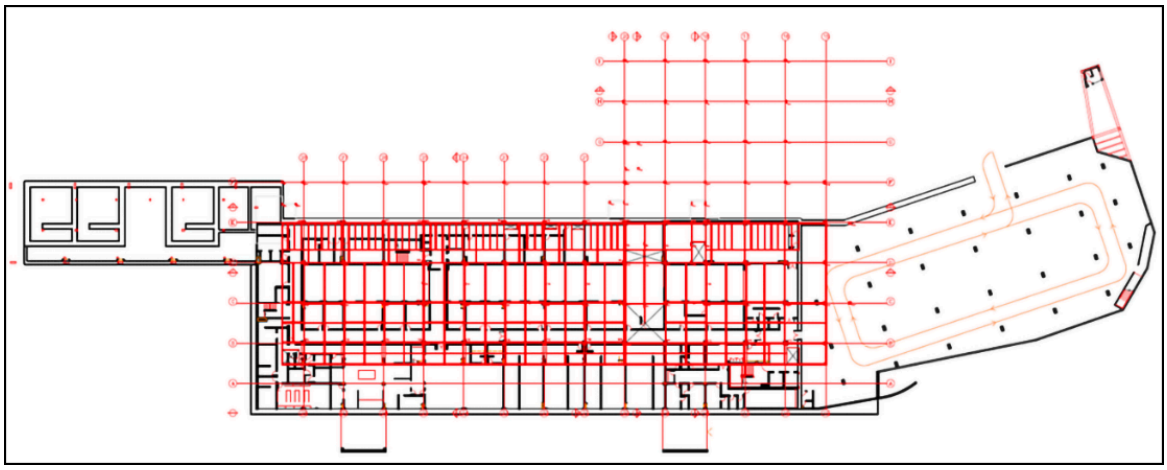


Figura 2 . Superposição da estrutura de concreto existente e as áreas de expansão no segundo pavimento. Fonte: acervo técnico dos arquitetos responsáveis pela reforma e ampliação do hospital, 2017.

b. Plano diretor: a partir do levantamento e registro das condições existentes, e dos requisitos funcionais estabelecidos pelos proprietários, foi iniciado o planejamento da localização dos setores assistenciais do hospital, estabelecendo-se uma lógica de correspondências espaciais entre as áreas construídas pré-existentes e as novas áreas programadas para a ampliação dos serviços ofertados, considerando-se as proximidades entre áreas de funções afins, e de privacidade para unidades a serem mais preservadas de público.

Com a localização dos novos setores do hospital, foi possível determinar, desde a fase inicial do projeto, a localização das áreas estratégicas de infraestruturas prediais e dos principais equipamentos médicos, demandantes de processos intensos de operação e manutenção. Assim, os novos setores já foram pensados para facilitar os acessos de manutenção, posicionamento e dimensionamentos de áreas técnicas, bem como proximidades das áreas servidas e escolha de sistemas de infraestruturas adequados à nova configuração do hospital (Figura 3).

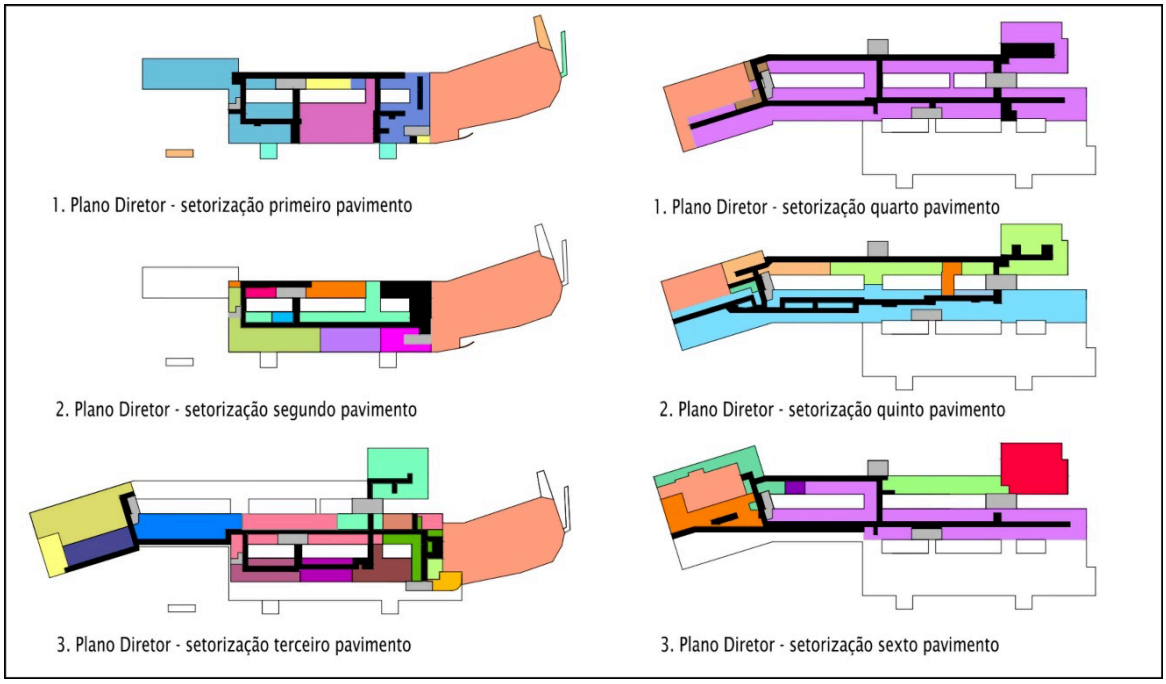


Figura 3 . Plano diretor com a previsão da localização de todos os setores funcionais e circulações. Fonte: acervo técnico dos arquitetos responsáveis pela reforma e ampliação do hospital, 2017.

c. Desenvolvimento do anteprojeto de arquitetura e processo de compatibilização simultânea com as demais disciplinas: embora desenvolvidos em CAD, utilizou-se para os processos de trocas de informação a plataforma Autodoc de gestão de projetos, de forma a gerenciar todos os entregáveis e comunicações entre a equipe de arquitetura, o coordenador de projetos e os demais projetistas, evitando-se perder dados relevantes e permitindo uma troca de informações ágil e eficiente. Os arquivos disponibilizados no Autodoc seguiram uma padronização de nomenclatura e possuíam estados de desenvolvimento, mesmo que anteriores à norma, como preconizado para um ambiente comum de dados ABNT NBR ISO 19650:1-2025: trabalho em andamento, compartilhado, publicado e arquivado.

Os processos de compatibilização, devidamente gerenciados pelo arquiteto responsável pela coordenação, foram registrados em arquivos superpostos de plantas e cortes de diversas disciplinas envolvidas nos setores funcionais, além de documentados no repositório compartilhado de arquivos no Autodoc, de tal maneira que todos os responsáveis pelas disciplinas possuíssem as informações necessárias para solucionar as interferências entre elas e comunicar as alterações, simultaneamente, através do sistema (Figura 4).

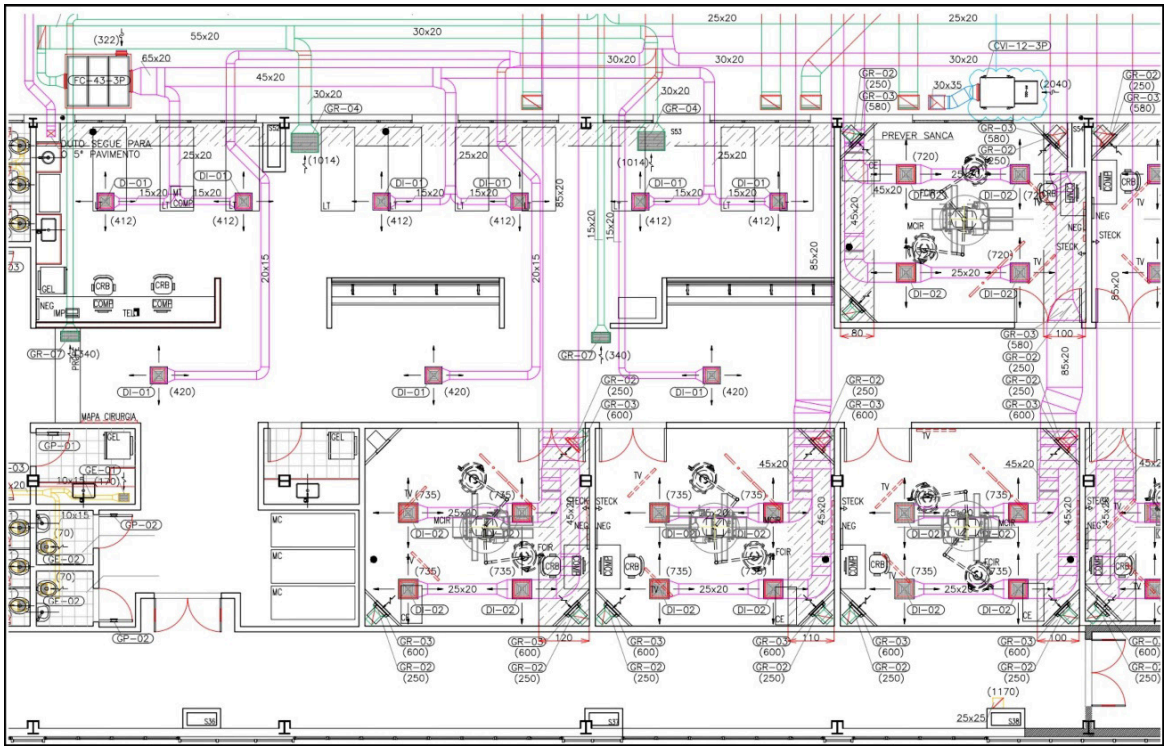


Figura 4 . Exemplo da compatibilização de parte do setor do Centro Cirúrgico Ambulatorial: arquitetura x estrutura x sistema de ar condicionado. Fonte: acervo técnico dos arquitetos responsáveis pela reforma e ampliação do hospital, 2018.

d. Já na fase do anteprojeto, a interação da equipe de arquitetura com os demais projetistas garantiu a determinação de vias verticais de distribuição das infraestruturas, os *shafts*, por toda a edificação, prevendo a sua caracterização futura com o registro de todas as tubulações nomeadas por localização na estrutura construída, de forma a facilitar a identificação dos ativos a serem geridos na fase de operação e manutenção. Outra premissa dada desde o princípio pela equipe de arquitetura para os demais projetistas foi a determinação de planos horizontais de distribuição de redes de alimentação das infraestruturas, através da passagem de tubulações relevantes pelos tetos das circulações principais e, quando possível, não limitado pelos pés-direitos existentes, em alturas diferentes, evitando-se ao máximo as colisões entre as diversas disciplinas (Figura 5).

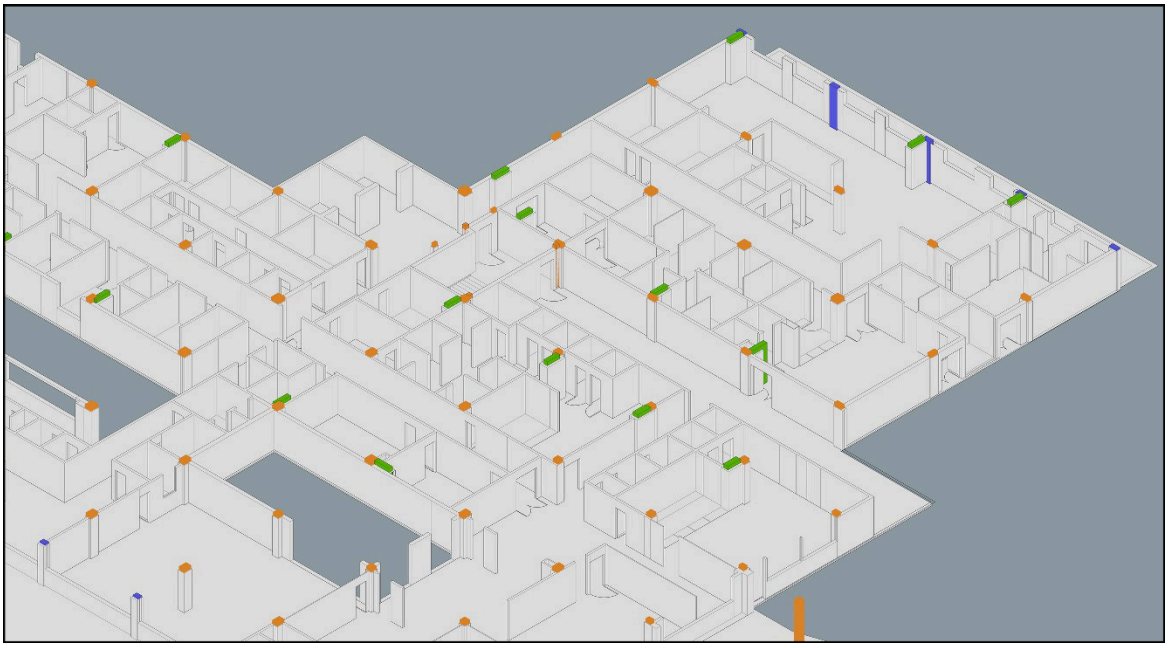


Figura 5 . Ilustração do posicionamento dos shafts em verde e pilares em laranja determinando as passagens verticais de infraestruturas. Fonte: acervo técnico dos arquitetos responsáveis pela reforma e ampliação do hospital, 2017.

e. Com o desenvolvimento dos projetos executivos, a equipe de arquitetura criou um arquivo em formato Excel com todas as infraestruturas existentes em cada um dos *shafts*, já identificados por sua localização na edificação, de forma a registrar o tipo de infraestrutura existente, as dimensões das tubulações correspondentes e os tamanhos finais dos *shafts* (Tabela 1).

TAG SHAFT	PAVIMENTOS	ESTRUTURA	EIXO	MAPEAMENTO E TAG DOS SHAFTS - PRUMADAS HIDRÁULICAS / GASES													
				AF	AFV	AQ	RT	IRR	TQ	TV	TG	TS	END	AS	AP	APA	API
S1	3º	2	12-B	1XØ40	-	1XØ35	1XØ22	1XØ40	-	1XØ75	-	-	-	-	-	1XØ100	-
	2º	2		1XØ40	-	1XØ28	1XØ22	1XØ40	-	1XØ75	1XØ100	-	-	-	-	1XØ100	-
	1º	2						1XØ25	-		1XØ100	-	-	-	-	1XØ100	-
S2	3º	2	11-B	1XØ40	-	1XØ40	1XØ22	1XØ25	-	1XØ75	1XØ75	-	-	-	-	1XØ100	-
	2º	2		1XØ40	-	1XØ28	1XØ22	1XØ25	-	1XØ75	1XØ100	-	-	-	-	1XØ100	-
	1º	2						1XØ25	-		1XØ100	-	-	-	-	1XØ100	-
S3	3º	2	10-B	1XØ40	1XØ25	1XØ35	1XØ22	1XØ25	-	1XØ75	-	-	-	-	-	1XØ100	-
	2º	2		1XØ40	-	1XØ35	1XØ22	1XØ25	-	1XØ75	1XØ100	-	-	-	-	1XØ100	-
	1º	2		1XØ40	-	1XØ35	1XØ22	1XØ25	-	1XØ75	1XØ100	-	-	-	-	1XØ100	-
S4	3º	2	9-B	1XØ40	1XØ40			1XØ25	-	1XØ75	-	-	-	-	-	1x Ø100	-
	2º	2		1XØ40	1XØ40			1XØ25	-	1XØ75	-	-	-	-	-	1XØ100	-
	1º	2		1XØ32	1XØ25			1XØ25	-	1XØ75	-	-	-	-	-	1XØ100	-

Tabela 1 . Exemplo de parte da planilha de identificação dos 140 shafts criados na edificação, desde a fase do anteprojeto de arquitetura, e preenchida com as localizações e as instalações neles contidas. Fonte: acervo técnico dos arquitetos responsáveis pela reforma e ampliação do hospital, 2018.

Embora os projetos tenham sido desenvolvidos em CAD, as premissas de indicação inicial das vias de passagem das infraestruturas em *shafts*

e em planos horizontais pré-determinados e localizados com nomeação sistematizada garantiram que os dados não fossem perdidos ao longo do processo de construção e posterior operação do hospital.

O hospital encontra-se operando desde outubro de 2020.

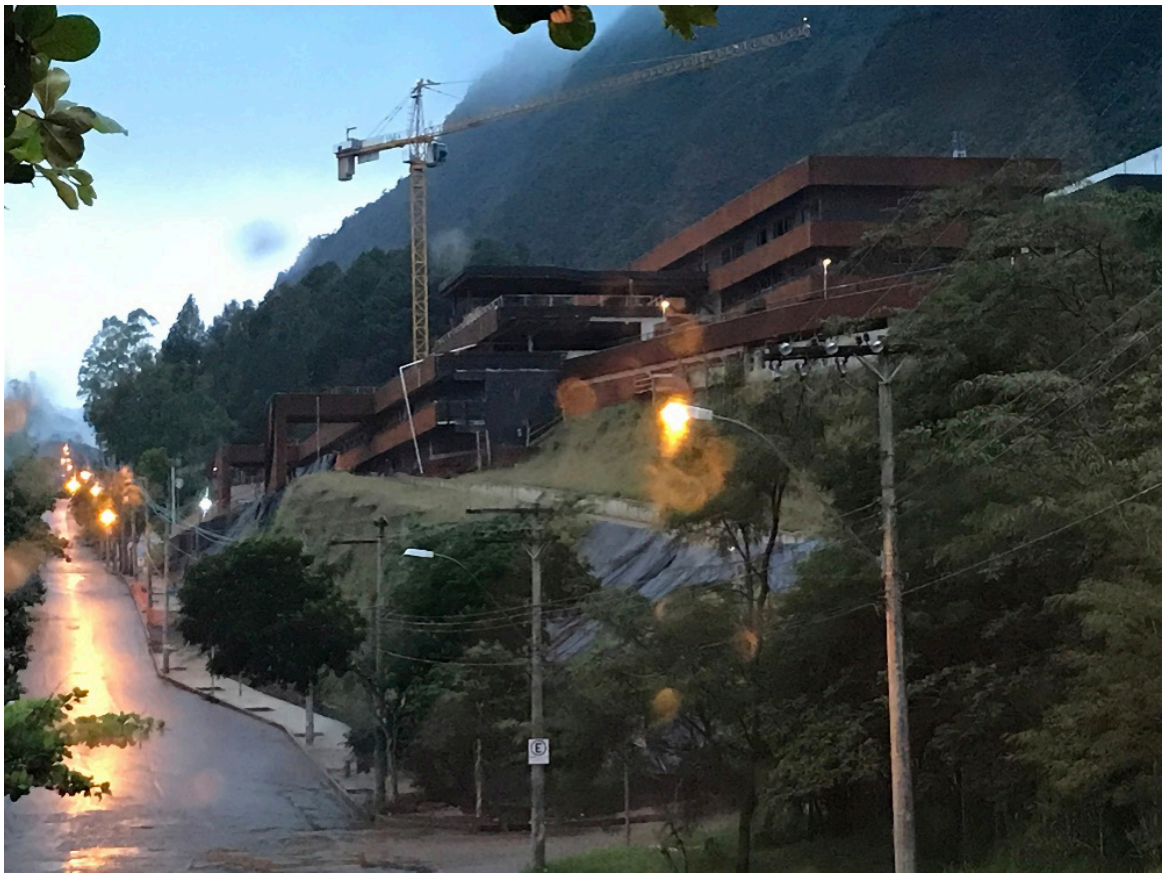


Figura 6 . Fotografia da fase final de obra. Fonte: autoria própria, 2019.

6.2 Caso B – Identificação de requisitos de informação para gestão de ativos em um hospital - tecnologia digital adotada: BIM – Building Information Modeling

O uso de BIM para FM – *Facility Management* tem sido incorporado nos empreendimentos de grande complexidade de forma cada vez mais frequente, a partir do entendimento de que o modelo AIM – *Asset Information Model* torna-se um grande aliado da gestão operacional eficiente da edificação.

O caso apresentado nesta pesquisa está em desenvolvimento e trata-se da construção conjunta de pesquisadores, usuários, proprietários e engenheiros que estão estudando uma forma de fazer com que os dados de infraestruturas físicas e dos equipamentos médicos de um hospital

possam ser identificados e armazenados no modelo para sua futura utilização na sua fase de operação e manutenção em um sistema FM – *Facility Management* a ser implementado.

A metodologia adotada, até agora, está composta das seguintes etapas:

1. Identificação dos ativos dos sistemas mais relevantes da edificação a serem considerados nos modelos de infraestruturas físicas e engenharia clínica: a partir dos projetos de infraestruturas físicas de sistemas elétrico, climatização e hidrossanitário e equipamentos médicos, os ativos correspondentes foram extraídos em tabelas Excel, dos modelos de cada disciplina, para identificar a criticidade e a importância de cada um deles para a fase de operação e manutenção.

2. Seleção dos ativos pelas equipes responsáveis pela operação e manutenção do hospital: com as tabelas elaboradas para cada sistema, elas foram submetidas aos responsáveis pela operação e manutenção da edificação para que, a partir do entendimento deles, os ativos estratégicos fossem selecionados, com o objetivo de delimitar exatamente o número de ativos a serem geridos[5].

Além da submissão das tabelas dos ativos, submeteu-se a listagem de informações a serem preenchidas sobre cada ativo, que foi desenvolvida conforme descrita por Mota *et al*. (2023), tendo por base a Norma Britânica BS 8210:2012, em conjunto com uma outra listagem, contendo as informações identificadas pela equipe responsável pela gestão dos processos na realidade da operação e manutenção, e julgadas importantes de serem registradas nos modelos.

Inicialmente, entre as informações importantes resultantes da análise da equipe foram eleitas as seguintes: identificação do ativo, código, descrição, condição, localização, criticidade, data de aquisição, modelo, fabricante, custo inicial, dimensões, fotografia, número de série e POP – Procedimento Operacional Padrão. Esses requisitos deverão ser aplicados nos parâmetros dos ativos em seus modelos geométricos de cada disciplina de origem, como exemplificado na Figura 7, na disciplina de engenharia clínica.

5 Uma das prerrogativas da utilização da metodologia BIM é a escolha assertiva das informações necessárias para que os modelos sejam carregados somente com aquelas informações estratégicas e imprescindíveis, evitando-se os excessos de informações e, por outro lado, a ausência delas. Por isso, a necessidade de um trabalho colaborativo, com a presença, principalmente, da alta gestão e dos gerentes de FM – *Facility Management* na escolha das informações a serem inseridas no modelo.

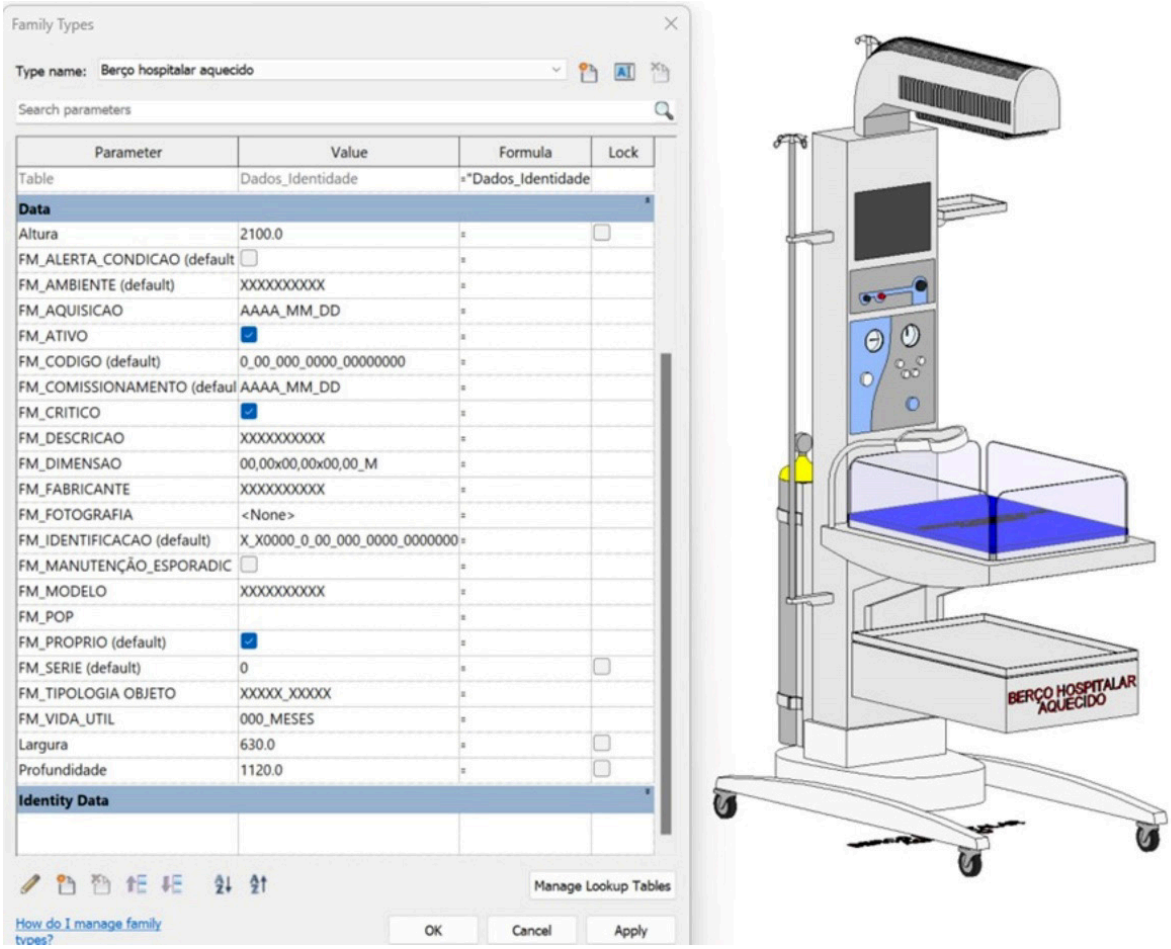


Figura 7 . Exemplo de introdução de parâmetros no modelo de engenharia clínica em um equipamento hospitalar, a partir da seleção das informações necessárias feita em conjunto com a equipe do hospital. Fonte: imagem cedida pela SIPPRO Engenharia, 2023.

3. Desenvolvimento do AIR – *Asset Information Requeriment*

Com as informações necessárias selecionadas, construiu-se um documento com a padronização da codificação para identificação de cada um dos ativos a serem gerenciados em tabela para preenchimento a partir do início da obra, que deverá ser atualizada na medida em que os ativos sejam comprados, instalados, comissionados e inseridos no modelo que acompanha a fase da construção, até que o modelo as built seja concluído e entregue para a fase de operação, transformando-se no modelo AIM – *Asset Information Model*. A partir dessa entrega, no futuro, esse modelo deverá estar sempre atualizado, para que as possíveis modificações em processos de reformas e substituições de ativos sejam registradas e o modelo continue a dar as informações necessárias ao contínuo processo do ciclo de vida da edificação.

4. Em paralelo à determinação das informações sobre os ativos, iniciou-se uma pesquisa sobre os sistemas FM – *Facility Management* capazes

de viabilizar a integração com o modelo BIM, como descrito no artigo de Mota *et al* (2023). Dos sistemas FM existentes selecionados e disponíveis no mercado brasileiro, oito foram exaustivamente pesquisados sobre os requisitos de atendimento das demandas da equipe de operação e manutenção do hospital quanto a: suporte de implementação e uso, capacidade de visualização 2D e 3D, acesso à documentação do ativo, acesso móvel e *off-line* ao sistema, plataforma e limite de armazenamento em nuvem, idioma, tipo de integração com o modelo BIM, tipo de colaboração e comunicação entre usuários, possibilidades de exportação de dados, leitor de QR Code, conexão com sensores, controle de estoque, registro de homens-hora, geração de relatórios e *dashboards* e gestão de ambientes. A esses requisitos gerais, somaram-se requisitos específicos para edificações hospitalares: gestão de engenharia clínica, centro de custos, integração com sistemas de gestão de assistência hospitalar, de estoque de materiais e medicamentos e de compras.

Os sistemas estão sendo testados pelos usuários do hospital e, após a eleição do sistema a ser adotado, a próxima fase será a integração do modelo de ativos à plataforma de gestão de *facilities*.

Espera-se que, a partir da integração, as informações carregadas no modelo sejam compartilhadas com o sistema de gestão de operação e manutenção do hospital, consistindo-se em uma ferramenta poderosa de melhoria dos processos e da qualidade dos serviços prestados pela instituição a todos os setores e usuários do hospital.

7. Conclusões

As lições aprendidas com as duas experiências citadas têm pontos de convergência e de distanciamentos metodológicos e de resultados.

No caso de utilização de tecnologia digital em CAD, é possível uma organização de dados, desde a elaboração dos projetos, tal que as informações essenciais sejam preservadas e a fase de operação e manutenção se beneficie dessa sistematização. Entretanto, as informações não estarão integradas com a geometria da edificação, o que distancia essa metodologia do BIM, não propiciando a visualização imediata do ativo dentro do modelo da edificação. Embora todo o processo de seleção de informações relevantes seja possível, o sistema de gestão de *facilities* terá que absorver as informações através da inserção direta dos dados dos ativos, advindos dos projetos da edificação, de forma manual, duplicando o processo de registro e de controle dos dados. E no curso da operação e manutenção, a possibilidade de perda de dados é exponencialmente maior, já que as informações deverão ser registradas, no mínimo duas vezes, em tabelas dos projetos, caso os ativos sejam modificados, e no sistema de gestão de *facilities* utilizado no setor responsável.

Quando utilizado o modelo BIM integrado ao sistema de gestão de FM, desde as fases de projetos e construção, é possível alimentar o modelo com as informações necessárias à fase de operação e manutenção da edificação, de acordo com os requisitos apontados no AIR. O passo seguinte a esse é a determinação do sistema de gestão de FM, que poderá absorver o modelo diretamente, integrando-o através de formatos nativos, ou em ".ifc", ou integrá-lo de formas indiretas, através de uma API, ou utilizando o COBie para a transferência de dados. Claro que a integração direta é a que mais diminui o número de procedimentos necessários à gestão eficiente de *facilities* e a possibilidade de intercâmbio bidirecional de dados. Nas outras duas formas de trocas de informação entre o modelo e o sistema FM adotado, pode ser que a integração seja unidirecional, ou até que nova importação massiva de dados tenha que ser refeita no sistema FM, como por exemplo, a exportação de outra versão do COBie advinda do modelo BIM, com o registro de modificações ou substituições de ativos pré-existentes no modelo, por outros ativos, e a sua reinserção no sistema FM. Uma das potencialidades que avança na gestão de *facilities*, com a introdução do uso do modelo BIM para FM, é a integração de dados geométricos aos dados não geométricos, criando um ambiente robusto de informações fáceis de serem acessadas pelos usuários, aumentando a agilidade no atendimento das demandas de operação e manutenção dos ativos e, por consequência, um aumento da qualidade dos serviços prestados.

De qualquer maneira, o entendimento da importância de que nas edificações complexas, como são os hospitais, a identificação dos requisitos de informação a serem preservados, desde a fase de concepção de projetos até a fase de entrega para as suas operações e manutenções, é uma necessidade compartilhada entre as equipes de projetistas, usuários e da alta gestão dos empreendimentos.

O avanço proporcionado pelo uso do modelo BIM para FM representa uma melhoria na gestão das unidades assistenciais de saúde, e sua adoção está em desenvolvimento no Brasil. Espera-se que, em um lapso temporal de curto prazo, possamos ter exemplos de aplicações cada vez mais recorrentes nos hospitais do país, garantindo-se o incremento qualitativo da excelência da gestão das unidades assistenciais de saúde.

8. Referências

ABECLIN – Associação Brasileira de Engenharia Clínica. Disponível em: https://abeclin.org.br/. Acesso em: 15 outubro 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR ISO 19650-1: Organização da informação acerca de trabalhos da construção – Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção – Parte 1: Conceito e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR ISO 41018:2023: Facility management – Desenvolvimento de uma política para facility management. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR ISO 55000: Gestão de ativos – Terminologia, visão geral e princípio. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BIM Dictionary (2019), COBie, version 1. Disponível em: https://bimdictionary.com/en/cobie/1. Acesso em: 3 nov. 2025.

BOECKEL, C.; ROUVENAT, F.; Incêndio no Hospital Badim: vítimas morreram por asfixia e desligamento de aparelhos. **G1 Rio**, Rio de Janeiro. Disponível em: https://g1.globo.com/rj/rio-de janeiro/noticia/2020/10/27/bombeiros-sao-chamados-para-incendio-no-hospital-federal-de-bonsucesso.ghtml. Acesso em: 15 out. 2025.

CAETANO, C.; MANSUR, R., Incêndio na Santa Casa de Belo Horizonte: o que se sabe até agora. **G1 Minas**, Belo Horizonte. Disponível em: https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2022/06/28/incendio-na-santa-casa-de-belo-horizonte-o-que-se-sabe-ate-agora.ghtml

COELHO, R. C. H., Incêndio atinge o Hospital Federal de Bonsucesso. **G1 Rio**, Rio de Janeiro. Disponível em: https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/10/27/bombeiros-sao-chamados-para-incendio-no-hospital-federal-de-bonsucesso.ghtml. Acesso em: 15 out. 2025.

G1 Rio. Princípio de incêndio é controlado no Hospital Lourenço Jorge, na Barra da Tijuca. **G1**, Rio de Janeiro. Disponível em: https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/10/01/principio-de-incendio-e-controlado-no-hospital-lourenco-jorge-na-barra-da-tijuca.ghtml. Acesso em: 15 out. 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. (ISBN 85-224-3169-8).

IFMA - International Facility Management Association. Disponível em: https://www.ifma.org/. Acesso em: 2025.

KARMAN, J. **Manutenção e Segurança Hospitalar Preditivas**. São Paulo: Estação Liberdade, IPH - Instituto de Pesquisas Hospitalares 2011, p.41 e p.45. (ISBN 978-85-7448-189-0).

MOTA, P.; MOREIRA, L. Modelagem da Informação na Gestão de Ativos. In: RUSCHEL, R. C.; LIMA, M. M. X.; BÖES, J.S.; (org.). **Bim**: concepção, construção e operação: ensino e prática. Rio de Janeiro: LTC, 2025, p.188. (ISBN 978-85-216-3901-5).

MOTA, P. P.; MAZZIEIRO, A.T; JOKO, C.; MOREIRA, L. C. S. Identificação das potencialidades de sistemas FM integrados ao BIM para uso em ambientes hospitalares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–8. DOI: 10.46421/sbtic.v4i00.2624. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/2624. Acesso em: 15 out. 2025.

Autora

Adriana Tonani Mazzieiro é graduada em Arquitetura e Urbanismo, mestre em Arquitetura e Urbanismo, com a pesquisa **Metodologia para reestruturação de hospitais gerais existentes**, em 1998, e doutoranda na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), no Programa NPGAU de Arquitetura e Urbanismo, com pesquisa na área de tecnologias digitais, principalmente focada em BIM. Integrante da célula BIM-UFMG, da Rede da ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Professora adjunta I do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Fumec, de 2002 a 2022, e professora substituta do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, de 2024 a 2025. Professora do master em BIM Management da Zigurat Institute of Techonology, na disciplina **BIM para Facility Management**, desde 2025. Arquiteta e urbanista responsável técnica pela Santa Casa de Misericórdia de Belo Horizonte, de 1991 a 1995, pelas reformas e ampliações do Hospital da Polícia Militar de Minas Gerais, de 2000 a 2010, e pelo projeto de reforma e ampliação do antigo Hospital Hilton Rocha, de 2011 a 2019, onde assumiu, de 2017 a 2019, a coordenação e compatibilização de projetos executivos de 38.000 m2 de obra. Sócia fundadora da Quattromani Arquitetos Associados, desde 2000, e BIM Coordinator na SIPPRO Engenharia, desde 2022.

Agradecimento especial: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

E-mail: adtonani@gmail.com

Artigo

Economia circular em estabelecimentos assistenciais de saúde

Autores
Antonio Pedro Alves de Carvalho Universidade Federal da Bahia
Jair de Jesus Lima Universidade Federal da Bahia

DOI: 10.62558/2358-3630/23.01.03

Resumo

O modelo de economia linear, baseado nos princípios de extrair-produzir-descartar, impulsionou os avanços tecnológicos, mas gerou graves problemas ambientais e sociais, com ênfase na extração excessiva dos recursos naturais, aumento da poluição e acúmulo de resíduos. O setor da saúde, com alta demanda de energia, água e fortemente dependente de materiais descartáveis, é considerado um dos grandes contribuintes para a geração desses impactos. Nesse contexto, a economia circular (EC) surge como uma alternativa para promover a sustentabilidade no setor da saúde, propondo a mitigação da extração de recursos naturais, a reutilização e a reciclagem. Este estudo apresenta uma revisão de literatura acerca do modelo circular aplicado aos estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS), abordando questões como *design* sustentável, eficiência energética, uso da água e gestão de resíduos, além de exemplos bem-sucedidos no Brasil e no mundo. Constatou-se que a introdução da EC no setor da saúde pode minimizar os custos operacionais, reduzir a geração de resíduos, conter as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e contribuir para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Portanto, conclui-se que a adoção de estratégias de economia circular em EAS é fundamental para aliar prestação de serviços essenciais com sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave:

economia circular, estabelecimentos de saúde, meio ambiente.

Introdução

A partir da Revolução Industrial, a sociedade adotou o modelo de economia linear, fortemente dependente da extração de recursos naturais, produção de bens, distribuição, consumo e descarte de resíduos (Fernandes, 2024). Embora esse modelo tenha impulsionado os avanços tecnológicos e o crescimento econômico, também contribuiu significativamente para a geração de impactos ambientais negativos, como a extração excessiva dos recursos naturais, o aumento da poluição e o acúmulo de resíduos, que nos dias atuais são desafios enfrentados pela humanidade como resultado desse modelo (Barcelos, 2024) (Figura 1).

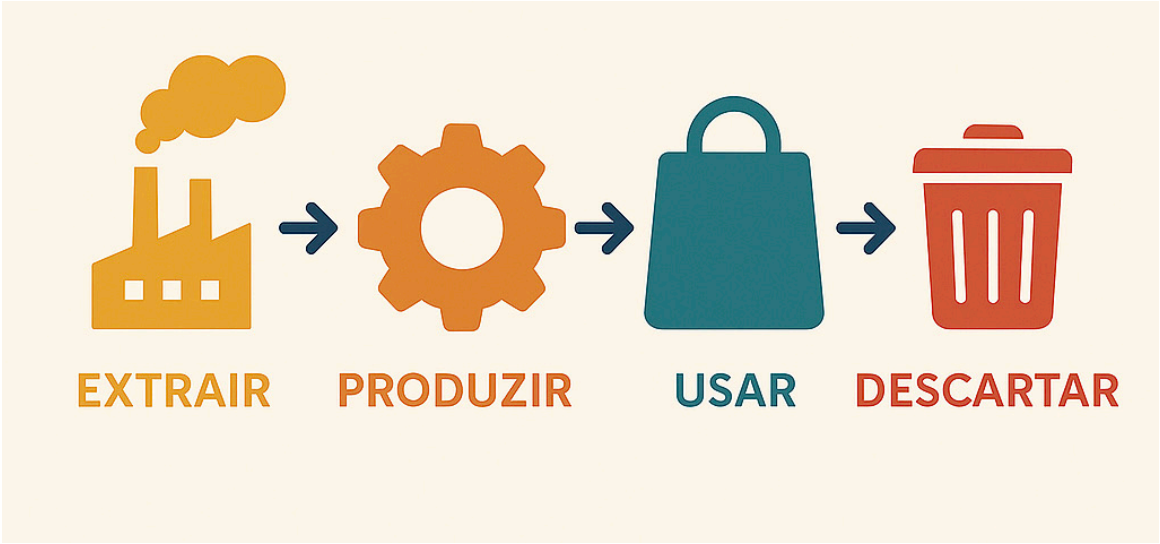


Figura 1 . Esquema da economia linear. Fonte: gerado por IA.

Entre as principais consequências desse sistema, estão o esgotamento dos recursos naturais, a geração excessiva de resíduos, a emissão de gases de efeito estufa (GEE) e outros produtos prejudiciais ao meio ambiente, colocando em risco a saúde humana devido à poluição do ar e à contaminação do solo e da água, além de provocar fenômenos como redução da camada de ozônio, perda da biodiversidade e mudanças climáticas catastróficas (MacNeill *et al*., 2020).

Esses efeitos estão diretamente ligados às diferentes etapas do processo de "extrair, produzir, consumir e descartar". A exploração desenfreada de matérias-primas, como minérios, água e combustíveis fósseis, com a consequente geração de resíduos, contribui para o esgotamento de recursos naturais e poluição do ambiente. A poluição está ligada ao processo de produção, pois, para garantir a fabricação de bens em uma sociedade consumista, é emitida uma elevada quantidade de subprodutos que contaminam o ar, a água e o solo. O descarte precoce e inadequado de produtos intensifica a geração de resíduos, agravando a poluição ambiental (Barcelos, 2024).

O setor de saúde, inserido nesse modelo de economia linear, é um agente responsável por parte significativa da emissão de GEE. Os estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) e os dispositivos médicos neles utilizados baseiam-se nesse modelo, sendo dependentes de equipamentos descartáveis de uso único (MacNeill *et al*., 2020). De acordo com o relatório da Health Care Without Harm, feito em colaboração com a Arup Consultoria (2019), o setor de saúde, em 2019, foi responsável por cerca de 4,4% do total de GEE gerado no mundo, o que corresponde a duas gigatoneladas de dióxido de carbono. Essa contribuição é semelhante às emissões anuais de GEE de 514 usinas elétricas a carvão de porte médio. Além disso, caso fosse considerado um país, o sistema de saúde seria o quinto maior emissor do planeta (Karliner *et al*., 2019).

As emissões de GEE resultantes dos cuidados de saúde ocorrem por diversos meios, destacando-se o consumo de energia, o transporte e a fabricação, uso e descarte de produtos em geral. As emissões ocorridas diretamente de unidades de saúde e veículos pertencentes ao setor correspondem a cerca de 17% da pegada mundial da área. Aproximadamente 12% estão relacionados às emissões indiretas associadas à energia adquirida, como eletricidade, vapor, refrigeração e aquecimento. A maior parte das emissões – cerca de 71% – está relacionada à cadeia de suprimentos, englobando produção, transporte e descarte de insumos, como medicamentos, produtos químicos, alimentos, dispositivos médicos e equipamentos hospitalares (Karliner *et al*., 2019).

O conceito de economia circular (EC) surge como uma solução inovadora, que busca a implementação de um novo sistema produtivo, estabelecendo modificações estruturais significativas e assumindo um maior protagonismo ao ir contra o modelo tradicional da economia linear, conhecido por suas práticas definidas pelo paradigma de "ciclo aberto": extrair-produzir-descartar (Abdalla; Sampaio, 2018).

A EC visa reduzir o uso de matérias-primas e seus impactos ambientais associados, com estratégias que prolonguem a vida útil dos recursos. De acordo com Viet (2012), isso é possibilitado pelo princípio do 3R, que consiste em práticas a serem adotadas com o objetivo de aumentar a vida útil de materiais já processados, contribuindo para a diminuição da extração de recursos naturais para uso como matérias-primas:

> **. Reduzir** – aplicar técnicas de gerenciamento para minimizar a quantidade de materiais consumidos para um determinado fim, como água, energia e minerais.
>
> **. Reutilizar** – empregar novamente um material, seja para o mesmo fim para o qual foi desenvolvido, seja para outro semelhante, prolongando sua vida útil, antes de ser descartado ou direcionado para a reciclagem.

. Reciclar – consiste no conjunto de técnicas destinadas ao reaproveitamento de resíduos, reinserindo-os novamente no ciclo de produção. Este processo inclui uma série de atividades, como coleta, separação e processamento de materiais, a fim de transformá-los em matéria-prima para a fabricação de novos produtos (ver Figura 2).



Figura 2 . Esquema da economia circular. Fonte: SMAS-Sintra (2025).

A adoção de um modelo circular no setor da saúde tem potencial de promover reduções significativas dos custos operacionais, diminuir a quantidade de resíduos gerados e os impactos ambientais, além de contribuir para a melhoria da qualidade dos serviços e da saúde pública (Fernandes, 2024). Ao mesmo tempo, a adoção de práticas circulares contribui diretamente ou indiretamente para o avanço dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) até 2030, como o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar); ODS 6 (Água Limpa e Saneamento); ODS 7 (Energia Acessível e Limpa); ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico); ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis); ODS 12 (Consumo e Produção Sustentáveis); ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima); e ODS 15 (Vida Terrestre) (Azizuddin; Shamsuzzoha; Piya, 2021; Schroeder; Anggraeni; Weber, 2019).

Os ODS, juntamente com as finanças sustentáveis, desempenham um papel importante para o setor da saúde. Para as administrações governamentais e de estabelecimentos de saúde, é fundamental que o seu financiamento considere como prioridade a inclusão de fatores ambientais, sociais e de governança (ESG) nas decisões de investimento (Zaza; Sepetis; Bagos, 2022).

A infraestrutura de EAS pode desempenhar um papel importante para tornar o setor de saúde menos poluente e reduzir seus impactos nas mudanças climáticas. Entretanto, devido à alta demanda, alcançar as metas de sustentabilidade a partir da neutralidade de carbono até 2030 exigirá uma mudança significativa dos prestadores de serviços de saúde. As emissões de GEE geradas por esse setor estão fortemente relacionadas ao seu desempenho, ao tipo de serviços e ao local onde são fornecidos, além de políticas voltadas ao fortalecimento de melhores práticas que contenham a demanda de serviços (Or; Seppänen, 2024).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2009), ao reduzir a pegada de carbono e caminhar em direção à neutralidade, o setor da saúde pode se tornar exemplo na resposta às mudanças climáticas, desempenhando um papel de liderança na defesa de um futuro saudável e sustentável. Nesse sentido, é primordial adotar uma abordagem abrangente baseada no princípio da EC. Isso inclui iniciativas como estratégias de *design* sustentáveis, procedimentos de eficiência energética, economia de água, tratamento de esgoto e gerenciamento de resíduos, reduzindo a pegada ambiental do setor, que possui importância crescente na sociedade moderna.

Metodologia

O presente artigo consiste em uma revisão de literatura com o objetivo de reunir, analisar e sintetizar o conhecimento já existente sobre o tema da economia circular em estabelecimentos de saúde. O propósito é apresentar uma revisão sobre como a transição para um modelo circular pode ser aplicada nos EAS, abordando questões como *design* sustentável, eficiência energética, uso da água e gestão de resíduos.

Para isso, foram pesquisadas bases de dados de livre acesso do Google Acadêmico, Periódicos CAPES, Scielo, Scopus e SciSpace, usando palavras-chave relacionadas ao tema, como *Circular Economy; Circular Economy and Healthcare Establishment; Circular Economy Strategies in Hospitals; Energy Efficiency in Hospitals; Sustainable architecture in hospitals; Water Saving Strategies in Hospitals; Hospital Wastewater; Circular Economy in Hospital Sewage Treatment; Hospital Waste Management* e suas correspondentes em português.

Foram incluídos na revisão os materiais que abordaram diretamente a aplicação da economia circular em ambientes de saúde publicados nos últimos cinco anos, com texto completo disponível em português ou inglês. Em alguns casos, foram considerados estudos de maior relevância, ainda que não atendesse ao critério de período de publicação. Por outro lado, foram excluídos trabalhos que não estivessem diretamente ligados à temática central, bem como documentos de domínios fechados.

Foram identificados inicialmente 91 estudos relevantes para a temática. Para a seleção das referências, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, sendo selecionadas 76 para compor a revisão.

Estratégias de design

A arquitetura dos EAS é caracterizada pela alta complexidade e pelas exigências funcionais vinculadas aos procedimentos e práticas médicas, que sofrem constantes mudanças e atualizações (Lopes, 2014). Segundo Biro (2024), o setor de construção, juntamente com o *design*, é responsável por mais de 30% das extrações dos recursos naturais do planeta, tornando-se fundamental que todas as construções busquem maior sustentabilidade.

A sustentabilidade nas edificações voltadas à saúde deixou de ser uma tendência ou um diferencial para tornar-se uma importante necessidade desde a etapa de planejamento. A introdução da sustentabilidade ambiental nas unidades de saúde pode ocorrer por meio da inclusão de princípios de construção sustentável em novos projetos, assim como na modernização de hospitais já existentes (OMS, 2009).

Para a elaboração de projetos de EAS sustentáveis é fundamental considerar os aspectos:

- **Ambientais** – como a adequação ao meio ambiente com uso de recursos naturais presentes nos locais.
- **Econômicos** – como a utilização de sistemas construtivos racionais, padronizados, flexíveis, modulares e com reutilização de materiais, para evitar desperdícios e geração de resíduos, a qualificação de mão de obra e a adoção de tecnologias que contribuam para a redução do consumo de água e energia.
- **Sociais** – como a preocupação com a satisfação dos usuários envolvidos em todas as etapas da construção, sem desprezar as questões estéticas (Lopes, 2014).

Existem diversas estratégias para edificações de saúde que ocasionam o mínimo de impacto ambiental, sendo essencial que sejam aplicadas em todas as etapas do ciclo de vida do edifício, como planejamento,

concepção, execução, ocupação, manutenção, reabilitação e eventual demolição (Vilas-Boas, 2011). Nesse sentido, pode-se considerar a aplicação de estratégias de *design* sustentável como uma abordagem eficaz, pois colabora para o aumento do ciclo de vida útil e a redução dos custos de manutenção da edificação (Alsawaf; Albadry, 2022). Esses métodos reduzem o impacto ambiental, ao mesmo tempo que melhoram a equidade social, o conforto do paciente e a produtividade dos profissionais de saúde (Biro, 2024).

Um exemplo de estratégia de sustentabilidade é o *Design para Adaptabilidade e Desmontagem* (DfAD). O DfAD, quando aplicado no planejamento da vida útil de edifícios de saúde, pode favorecer positivamente o desenvolvimento sustentável (ISO, 2020). A desmontagem, seguindo o princípio dos 3R – reduzir, reutilizar e reciclar –, é importante para recuperação de materiais de construção, principalmente durante as etapas de manutenção, renovação, realocação e remontagem, possibilitando a recuperação não destrutiva desses materiais e sua reintrodução na cadeia produtiva, seja para desempenhar a mesma função, seja para originar novos produtos (Davis, 2024). Já a introdução de princípios de adaptabilidade pode reduzir demolições e construções de novos edifícios ao possibilitar o reaproveitamento ou a modificação de estruturas já existentes, prolongando sua vida útil e permitindo que acomodem maior variedade de usos, garantindo o emprego eficaz dos recursos e a implementação de princípios da EC em edifícios (ISO, 2020).

Como princípio básico para a abordagem DfAD, a construção modular de edifícios desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade, ao reduzir os impactos ambientais relacionados à edificação (Paliwal, 2019). Esse princípio é particularmente útil nas edificações para a saúde, que tradicionalmente exige frequentes mudanças de uso. Esse modelo de construção oferece uma alternativa potencialmente sustentável de construir, fundamentada no uso de peças pré-fabricadas instaladas e conectadas no local para a formação de edificações com alta flexibilidade funcional (Lawson; Ogden; Goodier, 2014). O uso de módulos na construção permite o desenvolvimento de edifícios com estruturas que reduzem o desperdício, otimizam o uso de materiais e adotam uma abordagem eficiente para enfrentar os desafios da industrialização e manutenção (Morales, 2023).

Segundo Morales (2023), a implementação da construção modular permite mais eficiência dos materiais utilizados e redução da geração de resíduos – aproximadamente 90%, quando comparada com o modelo de construção tradicional –, uma vez que aproximadamente 70% do processo de construção pode ocorrer em ambiente controlado. Usar materiais com selos ecológicos, assim como reciclar e reutilizar componentes modulares no fim do ciclo de vida, intensifica a redução de perdas.

A construção modular proporciona maior flexibilidade no *design* dos projetos, facilitando a adaptabilidade e desmontagem, permitindo que atendam a diferentes finalidades durante sua utilização ou recuperação de produtos, peças e materiais, quando um edifício necessita ser reformado. Após a desativação de edificações modulares, seus componentes podem ser reciclados ou reaproveitados em novas unidades com mais facilidade, contribuindo para a redução do descarte de materiais de construção (Sajid *et al.*, 2024).

Um exemplo bem-sucedido da aplicabilidade do sistema de construção modular em edificações voltadas para a área da saúde são os hospitais da Rede SARAH, planejados pelo arquiteto João Filgueiras Lima, o Lelé. Os sistemas pré-fabricados em argamassa armada e estrutura metálica são amplamente empregados em todas as etapas dos edifícios (Figura 3), desde a superestrutura até objetos hospitalares, o que proporciona mais flexibilidade e facilita as etapas de construção, montagem e, principalmente, a manutenção e as futuras ampliações dos hospitais (Lukiantchuki *et al*., 2011).



Figura 3 . Vista externa do Centro de Tecnologia da Rede SARAH (CTRS)
Fonte: Lukiantchuki *et al*. (2011).

A integração de *design* biofílico na arquitetura dos EAS representa outra medida eficiente para promover a sustentabilidade no setor de saúde (Zhao; Zhan; Xu, 2022). Essa abordagem busca integrar elementos naturais à configuração dos ambientes construídos, com potencial tanto para favorecer o bem-estar dos usuários quanto para promover uma maior sustentabilidade no edifício, por meio da redução do consumo energético e do incentivo a práticas de construções ambientalmente responsáveis (Santos; Torres, 2024).

No cenário brasileiro, o Hospital Albert Einstein, localizado em São Paulo, é um exemplo da aplicabilidade do *design* biofílico. Foi adotado em seu projeto o sistema de teto verde (Figura 4), cujo objetivo é colaborar para a redução do aquecimento da edificação, além de viabilizar a captação de água de chuva para a reutilização na irrigação de jardins. Entre os principais resultados obtidos pelo uso de teto verde, destacam-se: diminuição das ilhas de calor, responsáveis pelo aumento da temperatura em locais altamente edificados; economia de energia elétrica, decorrente da redução da utilização de sistemas de ar-condicionado; e auxílio no controle do fluxo de água pluvial, que, consequentemente, reduz enchentes nas áreas urbanas (Vilas-Boas, 2011).



Figura 4 . Teto verde no Hospital Albert Einstein, SP. Fonte: Vilas-Boas (2011).

O uso de princípios bioclimáticos, como ventilação, iluminação natural, vegetação e paisagismo, pode contribuir de forma significativa para reduzir o efeito de ilhas de calor, melhorar a biodiversidade, mitigar a poluição atmosférica, otimizar a qualidade do ar, melhorar o conforto térmico e incentivar a utilização de materiais certificados, promovendo ambientes internos que favorecem a recuperação da saúde. Essa prática apoia diretamente o avanço do ODS 3 (Saúde e Bem-estar) e do ODS 13 (Mudanças Climáticas), os mais apoiados pelo *design* biofílico (Zhong; Schröder; Bekkering, 2022).

A captação da ventilação e luz natural em EAS pode ocorrer de forma indireta por meio de diferentes métodos. Podem ser adotados elementos como esquadrias convenientemente colocadas, *brises* e janelas que direcionem ventos e sol. Já para a iluminação, destacam-se métodos como aberturas na cobertura, *sheds*, janelas com *brises* e recepções com grandes vãos sombreados. Em situações mais complexas, em que não é possível incorporar grandes panos de esquadria ou abrir o ambiente para áreas externas, podem ser utilizados recursos como claraboias ou tubulações refletoras (Vilas-Boas, 2011).

Eficiência energética

Os EAS demandam uma grande variedade de formas de consumo da energia, como a térmica, utilizada para aquecimento, água quente e geração de vapor, e no resfriamento, para sistemas de condicionamento de ar, além dos gastos em energia elétrica para operar equipamentos médicos, sistemas de iluminação, exaustão e ventilação (Suszanowicz; Ratuszny, 2019). Essa demanda se intensifica devido ao contínuo crescimento do consumo de energia nessas instalações, pois, diferentemente dos demais tipos de edifícios, os EAS frequentemente funcionam de forma contínua, durante as 24 horas, e abrigam pessoas portadoras de males de saúde, sendo extremamente vulneráveis a pequenas variações nas condições ambientais. Nos locais de tratamento, é necessário manter parâmetros específicos de temperatura e qualidade do ar interno, principalmente em espaços altamente especializados, como em salas de cirurgia, UTIs e laboratórios (Zaza; Sepetis; Bagos, 2022).

Essa alta demanda energética contribui para que aproximadamente 40% da pegada climática do setor de saúde seja proveniente do uso de eletricidade e energia térmica. Esse consumo inclui tanto a energia adquirida por unidades de saúde quanto por fabricantes e fornecedores de bens e serviços para o setor (Karliner *et al*., 2019). Os sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado são a parte mais importante do consumo de eletricidade em hospitais, por serem considerados fundamentais para a saúde dos pacientes, para o aumento da produtividade dos funcionários e para o funcionamento adequado dos equipamentos médicos, consumindo, em média, 50% da energia elétrica total desses edifícios (Oliveira, 2021).

Segundo um estudo realizado pelo *Kigali Cooling Efficiency Program* (UNEP, 2019), ligado às Nações Unidas, que em 2018 analisou as emissões globais relacionadas à climatização dos EAS, aproximadamente 365 milhões de toneladas de CO_2 são lançadas anualmente na atmosfera devido ao resfriamento, à ventilação e à refrigeração de edificações, equivalendo às emissões geradas por mais de 75 milhões de carros ou por 110

usinas termelétricas a carvão durante um ano. A introdução de sistemas gerenciados por Inteligência Artificial (IA) em climatização de EAS podem ocasionar economias significativas de consumo energético.

Os sistemas de ar-condicionado e de refrigeração, em geral, além de serem fabricados consumindo combustíveis fósseis, usam hidrofluorcarbonetos (HFCs) e outros gases refrigerantes que, ao serem liberados na atmosfera, intensificam o efeito estufa (Oliveira, 2021). Além das demandas por climatização, os EAS desenvolvem muitas atividades que necessitam de alto consumo de energia, como o uso de equipamentos médicos e de laboratórios especializados, esterilização, lavanderias e serviços de alimentação (Zaza; Sepetis; Bagos, 2022). Devido a essas características, os EAS enfrentam dois desafios contraditórios: atender à crescente demanda energética e, ao mesmo tempo, reduzir a pegada de carbono no setor (Tomanek, 2024).

Grande parte dos impactos ambientais sobre a saúde pública produzidos pelo consumo de energia resulta da queima de combustíveis fósseis, como petróleo, carvão e gás, gerando emissões de GEE e poluição atmosférica, influenciando tanto as mudanças climáticas quanto problemas de saúde. Nesse sentido, com a melhoria da eficiência energética e a transição para fontes de energias limpas e renováveis, o setor de saúde pode desempenhar um papel importante na mitigação das emissões de GEE e na redução dos danos à saúde pública causados pelas mudanças climáticas e pela poluição da atmosfera (Corvalan *et al*., 2020).

Diversas fontes de energias renováveis podem ser introduzidas em edifícios hospitalares para a geração de eletricidade, calor e resfriamento, como energia solar, eólica, biomassa e geotérmica. Tecnologias de baixa emissão de carbono, como sistemas de cogeração e bombas de calor, também podem ser utilizadas com a mesma finalidade (Vourdoubas, 2022). Essas fontes alternativas de energia podem ser utilizadas em sistemas de iluminação, bombeamento e aquecimento de água, usos que correspondem a uma parte considerável do consumo energético dos edifícios de saúde, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento (OMS, 2009), contribuindo para a redução da pegada climática e para o aumento da resiliência energética, além de cumprir as regulamentações atuais e metas globais relacionadas à mitigação de desastres ambientais (Vourdoubas, 2022).

A energia solar é considerada uma das melhores opções para garantir a sustentabilidade energética de longo prazo, pois apresenta diversas vantagens, como a de ser uma fonte abundante, ter perdas reduzidas de transmissão e distribuição, baixo custo operacional e ser uma fonte limpa, reduzindo a intensidade das emissões de combustíveis em geral (Duraivelu; Elumalai, 2021). Esse sistema pode ser usado para a produção de eletricidade tanto por meio de tecnologia solar fotovoltaica ou solar

térmica, sendo empregada em sistemas de geração de energia de pequeno, médio e grande porte (Vourdoubas, 2022).

Um estudo realizado por Al-Rawi, Bicer e Al-Ghamdi (2023), em um hospital situado na região do Conselho de Cooperação do Golfo (GCC), que emprega um sistema de aquecimento de água por meio de energia solar, ressaltou o potencial da integração combinada de tecnologias solares térmicas e fotovoltaicas em EAS na região, destacando benefícios como redução de custos de energia, aumento da segurança energética e promoção de sustentabilidade. Os resultados demonstraram que o sistema solar térmico utilizado no hospital contribui com cerca de 12% dos gastos energéticos dos sistemas de água quente, com uma eficiência em torno de 46%; já o sistema fotovoltaico colaborou com aproximadamente 29,6% da carga total de HVAC, evidenciando o potencial de ambos os sistemas para promover eficiência energética e reduzir a dependência de fontes de energia tradicionais em EAS.

Em um estudo realizado em dois hospitais localizados na Romênia, Prada *et al*. (2020) mostram que a implementação de energia solar fotovoltaica pode atender de 62,68% a 75,51% do consumo de energia necessária para aquecimento, ar-condicionado e produção de água quente. Além disso, o exemplo demonstrou a redução de 77% a 67% das emissões de CO_2, impactando diretamente o aquecimento global, a poluição e a redução de emissões de GEE.

No contexto global, Vourdoubas (2021), em uma revisão sobre várias aplicações bem-sucedidas de energias renováveis em hospitais em todo o mundo, destacou que a utilização de energia solar pode apresentar uma eficiência energética de 40% a 80%, ao contribuir para o sistema de resfriamento, e 30% a 40% para o aquecimento do ambiente hospitalar. Em relação à energia geotérmica, evidenciou que sua aplicação pode obter uma eficiência de 70% a 90%, principalmente na utilização de fluidos geotérmicos para o aquecimento dos edifícios.

A energia solar pode ser também aplicada em conjunto com outras tecnologias de geração com baixa ou nenhuma emissão de carbono, como em sistemas de cogeração. Nesse caso, ao mesmo tempo que a energia solar é convertida em energia elétrica em uma usina central, para ser usada para operar refrigeradores de compressão de vapor para a produção de resfriamento, o calor residual rejeitado pelo motor térmico pode ser usado para acionar um refrigerador de absorção, desempenhando um importante papel tanto na economia de energia quanto na redução da poluição ambiental (Çakir; Çomakli; Yüksel, 2012).

Os sistemas de cogeração representam uma solução promissora para diminuir as emissões de GEE e seus custos operacionais. As centrais de cogeração operam à base de uma única fonte de energia ou combustível,

sendo o principal o gás natural (Franco *et al*., 2017). Eles também podem utilizar biomassa, como resíduos agrícolas e florestais, subprodutos e resíduos, bioetanol, biodiesel ou biogás produzido a partir de resíduos orgânicos (Vourdoubas, 2022). A sua implementação tem como objetivo a produção simultânea e integrada de energia elétrica e térmica, mitigando as perdas de energia. A cogeração pode ser classificada em dois tipos: sistemas combinados de calor e energia (*Combined Heat and Power* – CHP), que produz eletricidade e calor; e trigeração, conhecida como sistema combinado de arrefecimento, aquecimento e produção de energia (*Combined Heat, Ice, and Power* – CHIP), que gera energia elétrica e térmica na forma de calor e frio (Chen-Xu *et al*., 2024).

Os sistemas de CHP e CHIP apresentam maior eficiência em comparação aos métodos tradicionais de geração. Enquanto os meios convencionais possuem uma eficiência de aproximadamente 60%, os sistemas CHP podem apresentar índices entre 87% e 92%; já os sistemas CHIP alcançam valores entre 85% e 90%. Esses percentuais podem variar a depender do porte do projeto (Teke; Timur, 2014).

No âmbito do uso da cogeração em EAS, Alexis e Liakos (2013) defendem, por meio de um estudo realizado em um hospital localizado na Grécia, que a implementação de um sistema de cogeração pode levar à redução dos custos operacionais anuais em 32%, além da redução do consumo anual de energia primária em 28%. Ademais, atestam uma redução anual significativa de emissões de poluentes, com diminuições estimadas entre 46,5% e 48,6% para CO_2, entre 75,9% e 82,8% para SO_2, entre 2,3% e 7,5% para NOx e entre 75,9% e 82,9% para partículas suspensas.

A utilização de sistemas de iluminação gerenciados por IA é outra inovação tecnológica que desempenha um papel importante na promoção da eficiência energética em EAS (Tomanek, 2024). Esses sistemas utilizam mecanismos avançados para a iluminação, como sensores para detectar ocupação, automação e conectividade para controlar a iluminação de forma mais eficiente. Diferentemente dos modelo tradicionais, que funcionam manualmente, esses sistemas possibilitam a redução significativa do consumo de energia a partir da redução ou desligamento automático das luzes em áreas desocupadas ou pouco ocupadas, ajustando o brilho, a temperatura da cor e até mesmo a direção da luz em função de vários fatores, como a presença de iluminação natural, o horário, a presença de pessoas e as atividades executadas no local, além da utilização de lâmpadas de alta eficiência energética (Wipro Lighting, 2024).

Segundo, Teke e Timur (2013), em uma revisão de estudos práticos sobre eficiência energética e potenciais de economia de energia em sistemas de iluminação em hospitais, a implementação de sistemas inteligentes em

EAS pode contribuir para a economia de aproximadamente 60% a 80% da energia consumida, especialmente se utilizados em iluminação interna e ar-condicionado, com um tempo de retorno do investimento estimado entre 1,5 e 5 anos, variando conforme os sistemas de controle e porte do estabelecimento.

Economia de água

O setor de saúde apresenta um elevado consumo de água, pois necessita manter ambientes e materiais desinfectados, operar equipamentos médicos e assegurar a higiene dos pacientes. Suas características únicas fazem com que os EAS consumam significativamente mais água por metro quadrado do que outros tipos de edifícios, dificultando a adoção dos princípios da economia circular nesse setor (Teslim, 2024). A quantidade de água utilizada depende de diferentes fatores, como perfil do estabelecimento, número de leitos, tipo de internação, tempo de existência do hospital, fontes de acesso, serviços gerais presentes dentro da estrutura, incluindo cozinha, lavanderia e ar-condicionado, políticas de gestão institucional e conscientização na gestão da infraestrutura em relação à preservação do meio ambiente, clima e fatores culturais e geográficos (Verlicchi *et al*., 2010).

Um estudo realizado pelo Victorian Government Department of Health (2009) relacionado ao consumo de água em EAS, localizados em Vitória, na Austrália, destacou que, dentro dos hospitais, os maiores consumos de água são relacionados a: higiene (limpar e lavar); saneamento (descarga de resíduos no esgoto); ingestão (beber e preparo de alimentos); processos gerais (limpeza, higienização, esterilização, lavagem, aquecimento, resfriamento, filtragem e tratamento de água) e irrigação (jardins ornamentais e gramados). O levantamento aponta ainda que as instalações sanitárias (bacias, chuveiros e pias) representam entre 20% e 40% do consumo total, enquanto as descargas sanitárias (vasos sanitários e higienizadores de panelas) variam de 15% a 30%. Já os processos de esterilização, laboratórios e refrigeração contribuem com cerca de 15% a 40%, e o preparo de alimentos, com 5% a 25% do consumo total de água.

O consumo de água em EAS também varia consideravelmente tanto ao longo do dia quanto ao decorrer do ano. Em relação à demanda média diária, pode ocorrer um aumento de até 20% entre os horários das 8h às 16h e uma diminuição de 30% entre 1h e 8h; além disso, pode ocorrer valores médios mais elevados durante os meses mais quentes (Verlicchi *et al*., 2010). A explicação para esse alto consumo de água durante esses horários da manhã e da tarde é associada ao fato de que, nesses períodos, ocorrem a realização de tratamentos de pacientes e as análises laboratoriais (Altın; Altın, 2017).

Devido à variedade de funções que demandam consumo de água em EAS, o uso eficaz e eficiente do recurso é fundamental nessas instituições. A implementação de rotinas de economia de água em ambiente hospitalar enfrenta grande restrição, já que os procedimentos de higiene e manutenção da qualidade da água obedecem a padrões rígidos e exigentes (Priyalal, 2019). Segundo Oliveira *et al*. (2021), a água utilizada nos hospitais deve ser isenta de microrganismos patogênicos, pois representam um risco significativo de surtos infecciosos graves, tornando-se importante o ato constante de lavagem das mãos com água de qualidade, além da higienização do ambiente, produção e consumo de alimentos. Manter a qualidade da água, portanto, é fundamental, pois sua contaminação pode estar relacionada à transmissão de doenças, afetando principalmente os pacientes, que apresentam graus diferenciados, mas sempre existentes, de baixa resistência a infecções (Ferreira; Caran, 2023).

A eficiência na gestão de água em edifícios hospitalares é alcançada a partir da adoção rigorosa de boas práticas e tecnologias adequadas, como a realização regular de auditorias hídricas, que tenham como objetivo identificar áreas de alto consumo e possíveis vazamentos. Alinhado a isso, o uso de sistemas de detecção de vazamentos é essencial para localizar e corrigir precocemente problemas que poderiam provocar o desperdício significativo de água. A substituição de instrumentos sanitários antigos, como vasos, torneiras e chuveiros, por modelos mais econômicos pode reduzir significativamente o consumo de água. Igualmente, a utilização de lava-louças e máquinas de lavar roupa mais novos, com baixo consumo de água, auxilia na diminuição do desperdício nas áreas de cozinha e lavanderia (Teslim, 2024).

Segundo Silva *et al*. (2024), a introdução de sistemas de reúso de águas cinzas e o aproveitamento de águas pluviais são soluções eficientes para promover economia de recursos hídricos e sustentabilidade ambiental em EAS. Essas medidas ocorrem a partir da coleta, do tratamento e da reutilização de águas provenientes de chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar, além da captação de água da chuva por meio de calhas instaladas em telhados, terraços e áreas abertas. As águas coletadas devem passar por processos específicos de tratamento, que incluem filtragem, em diversos graus, e desinfecção. Essas águas, a depender do tipo de tratamento, podem ser utilizadas até para fins potáveis, encarecendo o processo. O mais comum é a utilização de tratamentos simples, utilizando-se esse tipo de água para irrigação, limpeza, descarga de sanitários e lavagem de superfícies.

Devido à complexibilidade dos processos que se utilizam da água na saúde, é necessário um planejamento técnico adequado para o reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais, como a instalação

de tubulações separadas, sistemas de captação eficientes, além de reservatórios protegidos contra contaminação e sistemas de redistribuição com bombas e encanamentos específicos para esses procedimentos. Deve-se ainda inspecionar a qualidade da água e garantir a eficiência dos sistemas (Silva *et al*., 2024).

A implementação de estratégias de gestão e conservação de água em EAS oferece uma série de benefícios econômicos e ambientais. A diminuição do consumo hídrico contribui diretamente para a redução de gastos nos serviços, resultando em economias significativas ao longo do tempo. A adoção de tecnologias eficientes tende a reduzir despesas relacionadas à manutenção e prolongar o tempo de vida dos equipamentos. Paralelamente, essas iniciativas contribuem significativamente para o cumprimento das metas relacionadas à sustentabilidade ambiental, aliviando a pressão sobre os recursos hídricos locais e diminuindo a pegada ambiental desse tipo de edificação (Teslim, 2024).

Tratamento de esgoto

O acesso ao tratamento de esgoto é importante para o combate de doenças relacionadas à água em EAS (OPS, 2021). Conforme apontado por Lima (2023), os avanços no tratamento de pacientes e desenvolvimento de novos medicamentos têm contribuído para o aumento da geração de resíduos líquidos hospitalares, que acabam dificultando o tratamento da água bruta de mananciais.

A quantidade e as características das águas residuais geradas pelos hospitais podem variar consideravelmente conforme os serviços oferecidos, como a quantidade de leitos, o número de pacientes e a disponibilidade de laboratórios (Hocaoglu *et al*., 2021). Em países desenvolvidos, cada leito, em média, pode gerar mais de 1.000 litros de águas residuais por dia, enquanto para os países em desenvolvimento o volume estimado é de 200 litros a 400 litros por leito por dia (Kumari; Maurya; Tiwari, 2020).

Descargas provenientes de zonas administrativas, banheiros de quartos ou enfermarias normais são consideradas domésticas. Já as águas residuais resultantes de atividades de cuidados diretos com o paciente, análise e pesquisa, contendo substâncias tóxicas, como desinfetantes, detergentes, resíduos de medicamentos, excrementos infecciosos, radioelementos e outros produtos químicos, como ácidos, álcalis, solventes, benzeno, hidrocarbonetos e corantes, são classificadas como descargas específicas e devem ter o destino monitorado (Chartier *et al*., 2014). Tais efluentes, quando manuseados e descartados de forma inadequada, representam um grave risco à saúde humana e ao meio

ambiente, devido à sua capacidade de contaminar bacias hidrográficas, poluir águas superficiais e subterrâneas (Majumder *et al*., 2021).

De acordo com Lima (2023), os esgotos hospitalares contaminados, via de regra, devem ser tratados em Estações de Tratamento de Efluentes (ETR) especializadas. Essas operações são divididas em três tipos: físicas, como triagem, mistura, floculação, sedimentação, flotação e filtração; químicas, que removem ou convertem contaminantes por meio da adição de produtos ou reações químicas, como precipitação, adsorção e desinfecção; e biológicas, que utilizam microrganismos para remover materiais orgânicos e inorgânicos e realizar processos como a carbonácea, a nitrificação e a desnitrificação.

O processo de purificação dos efluentes de EAS geralmente consiste em cinco etapas sucessivas, incluindo o pré-tratamento (físico e mecânico), o tratamento primário (físico e químico), o tratamento secundário (químico e biológico), o tratamento terciário (físico e químico) e o tratamento do lodo formado (despejo supervisionado, reciclagem ou incineração) (Crini; Lichtfouse, 2019). Ao longo dessas etapas, ocorre a remoção de sólidos grosseiros e flutuantes, matéria mineral sedimentável, sólidos inorgânicos, matéria orgânica em suspensão e eliminação de organismos patogênicos (Lima, 2023).

Os métodos comuns de tratamento de esgotos possuem desvantagens, como o consumo exagerado de energia, geração de grande quantidade de lodo e emissão de GEE. Esses processos de tratamento seguem um sistema de economia linear, ou seja, têm como principal objetivo apenas gerar um efluente tratado, mas sem proporcionar a recuperação de energia e recursos (Oliveira *et al*., 2022).

Segundo Oliveira *et al*. (2022), a implementação de estratégias de tratamento de esgoto voltadas para os princípios da EC propõe uma mudança na forma como o esgoto é compreendido. Em vez de ser considerado apenas um passivo ambiental, como ocorre no modelo linear, ele passa a ser um recurso capaz de promover receitas a partir do seu tratamento, com foco na recuperação e no aproveitamento de subprodutos. Os componentes do sistema são interpretados com um novo olhar para a sustentabilidade, alinhando-se aos princípios da EC.

O tratamento eficiente de esgotos é uma forma de atingir os objetivos estabelecidos pela ONU até 2030, especialmente a ODS 6 (Água Potável e o Saneamento), que busca assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos. Dentro desse objetivo, destacam-se as metas 6.2 e 6.3, que visam garantir o acesso equitativo ao saneamento e à higiene para todos, assim como promover melhoria na qualidade da água a partir da redução da poluição, eliminação do despejo

e minimização da liberação de produtos químicos e materiais perigosos. Também se propõe a diminuição significativa de águas residuais não tratadas, aumentando substancialmente a reciclagem e a reutilização segura em escala global (ONU, 2025).

Além do ODS 6, outros objetivos podem ser atingidos de forma direta ou indireta pela promoção da economia circular e o desenvolvimento sustentável de sistemas de tratamento de esgotos. A geração de energia renovável a partir de gases provenientes de sistemas anaeróbios de ETR, a contribuição para o desenvolvimento de cidades sustentáveis, o controle de GEE e resíduos provenientes desses tratamentos são alguns pontos que se associam com as metas voltadas para a energia limpa e acessível (ODS 7), cidades sustentáveis (ODS 11) e mudanças climáticas (ODS 13) (Oliveira *et al*., 2022).

Gerenciamento de resíduos

O setor da saúde é, em escala global, um dos que crescem mais rapidamente, ocasionando uma geração significativa de resíduos, em razão do fornecimento de uma infinidade de serviços para o controle de doenças e tratamento de pacientes (Kenny; Priyadarshini, 2021). Usando os Estados Unidos como exemplo, Voudrias (2018) destacou que esse país produz cerca de 5,9 milhões de toneladas por ano de resíduos de serviços de saúde (RSS). A pandemia de COVID-19 foi outro fator determinante para o aumento da geração de RSS, devido ao uso de expressivas quantidades de máscaras e EPIs, sendo os países em desenvolvimento os mais afetados por esses resíduos perigosos e tóxicos, devido a sistemas de gerenciamento precários (Dihan *et al*., 2023).

De acordo com a RDC nº 222, de 28 março de 2018 (Anvisa, 2018), os RSS são classificados em cinco grupos: A, B, C, D e E. O grupo A corresponde a materiais com possíveis presenças de agentes biológicos que, por suas características, podem apresentar risco de infecção, como materiais laboratoriais, carcaças, peças anatômicas, tecidos, bolsas transfusionais contendo sangue etc. O grupo B inclui substâncias químicas que podem apresentar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade, a exemplo de medicamentos, desinfetantes, resíduos contendo metais pesados e reagentes para laboratório. O grupo C engloba quaisquer materiais que contenham radionuclídeos acima dos limites permitidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), incluindo rejeitos radioativos provenientes de laboratórios de pesquisa e ensino na área da saúde, laboratórios de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia. O grupo D abrange resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radioativo à saúde ou ao meio ambiente,

podendo ser comparados com resíduos domiciliares, como sobras de alimentos, resíduos de áreas administrativas e materiais utilizados para a higiene, entre outros. O grupo E contempla materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, brocas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, espátulas e outros semelhantes.

Esses resíduos são gerados principalmente em hospitais, laboratórios, centros de pesquisa, bancos de sangue e casas de repouso (OMS, 2024). Do total de resíduos gerados por EAS, cerca de 85% são gerais, não perigosos, semelhantes aos domésticos. Os 15% restantes são considerados perigosos devido à contaminação biológica, química ou radioativa (OMS, 2024). Para um gerenciamento econômico do tratamento, no entanto, é necessária uma rigorosa segregação no momento de produção desses resíduos.

A gestão inadequada dos RSS pode agravar as mudanças climáticas, decorrente principalmente da sua queima a céu aberto, que libera diversos poluentes perigosos, incluindo dioxinas, furanos e metais tóxicos como chumbo, cádmio e mercúrio, além de elevadas quantidades de dióxido de carbono. Além disso, o descarte de resíduos biodegradáveis provoca emissões significativas de GEE, como metano, cuja influência no clima é ainda mais forte do que a de outros gases (Deviyanti; Shahriar, 2022).

O modelo tradicional de extrair-produzir-descartar tem sido predominante na gestão de resíduos, resultando em impactos ambientais e econômicos cada vez mais visíveis, principalmente em setores como a saúde, em que uma significativa parcela dos resíduos gerados é considerada perigosa, tornando o processo insustentável nesses ambientes (Sepetis; Georgantas; Nikolaou, 2025).

Nesse sentido, a adoção de princípios de EC para a gestão de RSS é considerada uma medida que contribui para a sustentabilidade urbana, pois colabora para a redução dos impactos ambientais, aumenta a eficiência dos recursos e fortalece os fluxos circulares de materiais (D'Alessandro *et al*., 2024). A gestão eficaz dos RSS contribui significativamente para cumprimento de diversos ODS, especialmente: ODS 3 (Saúde e Bem-estar); ODS 6 (Água Potável e Saneamento); ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico); ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis); e ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima) (Sharma *et al*., 2021).

A implementação da EC no sistema de gerenciamento de RSS é mais complexa do que em outros setores, devido à tipologia dos resíduos, especialmente pela presença de substâncias perigosas, representando um

desafio, já que muitos materiais utilizados nos EAS são de uso único, com baixíssima possibilidade de reciclagem ou reaproveitamento, mesmo em outros setores menos exigentes (Dihan *et al*., 2023).

Para empregar um cenário de gestão sustentável para o sistema de gerenciamento de RSS, é necessário adotar estratégias de EC que envolvam o objetivo de minimizar a geração de resíduos, pois quanto menor a produção de resíduos, menores serão os custos para a sua gestão e maior será a eficiência na utilização de materiais. Para isso, é necessário que os EAS formem equipes que desenvolvam procedimentos estratégicos para a gestão de resíduos, como efetuar compras inteligentes com base no ciclo de vida dos produtos, prever seus efeitos ambientais, como toxicidade, o custo de descarte, como também a possibilidade de reutilização e reciclagem de materiais (Dihan *et al*., 2023).

Para a EC, a aquisição sustentável significa, inicialmente, uma estratégia que visa reduzir o consumo de recursos naturais e materiais e minimizar os impactos ambientais dos insumos utilizados, priorizando produtos compostos de materiais renováveis ou matérias-primas com conteúdo reciclado (Sanofi, 2024). Pode-se destacar a compra de produtos de plástico reciclável, como o polietileno ou o polipropileno, em vez de ferramentas compostas por Policloreto de Vinila (PVC), bem como a substituição das máscaras faciais de uso único por outras de materiais duráveis, que permitam a esterilização e o reaproveitamento (Dihan *et al*., 2023).

Para aplicar estratégias de tratamento de RSS, a segregação na produção se torna fundamental para garantir o manuseio, o descarte e a minimização segura de riscos ambientais e de saúde (Aquilina, 2025). A segregação consiste em separar e selecionar os resíduos no local de geração de acordo com a classificação adotada. Seus principais objetivos são: evitar a contaminação de resíduos considerados comuns; possibilitar a implementação de procedimentos de manejo para cada grupo separado; permitir o tratamento específico para cada categoria de resíduo; minimizar os riscos de contaminação das pessoas responsáveis; reduzir os gastos relacionados ao manejo dos resíduos; possibilitar a adoção de reaproveitamento e reciclagem de resíduos não perigosos (Brasil, [s.d]).

Outra estratégia que procura amenizar os efeitos gerais dos RSS no meio ambiente é estender a vida útil de certos materiais, seja por meio da reutilização, seja a partir de outros meios, como conserto, reforma ou reaproveitamento. Para a adoção dessa prática, entretanto, é necessário implementar técnicas de segregação rigorosa, acompanhada de coletas separadas para distinguir substâncias perigosas, não perigosas, reutilizáveis e recicláveis (Dihan *et al*., 2023). Para que os materiais contaminados usados em EAS possam ser considerados reutilizáveis,

é fundamental que sejam submetidos a rigorosos processos de esterilização (Voudrias, 2018). Entre os itens que podem ser considerados reutilizáveis, destacam-se aventais cirúrgicos, cortinas, capas de mesa, instrumentos cirúrgicos, recipientes para objetos cortantes, instrumentos laparoscópicos, receptáculos de sucção e bandejas anestésicas (Voudrias, 2018).

A reutilização de materiais contribui tanto para a redução de custo quanto para a quantidade de geração de resíduos. Segundo um levantamento realizado por Kwakye, Brat e Makary (2011), estimou-se uma redução de aproximadamente 15.422 kg/ano de resíduos e uma economia de US$ 175.000/ano, em um hospital com 1.000 leitos, apenas utilizando-se recipientes reutilizáveis para materiais cortantes em vez de descartáveis.

Segundo Voudrias (2018), a reciclagem é outra técnica que pode ser empreendida em um EAS antes da eliminação dos resíduos. Devido às preocupações e regulamentações associadas ao manuseio de RSS perigosos, contudo, o uso da reciclagem pode ser difícil, ou até mesmo impossível, quando envolve alguns tipos de resíduos. Há, no entanto, uma enorme quantidade de materiais não perigosos em EAS que podem ser reciclados de forma fácil e segura, contribuindo para as economias ambientais e financeiras. Entre esses materiais estão o envoltório azul – material feito à base de polipropileno usado para embrulhar materiais esterilizados e que representa aproximadamente 20% dos resíduos gerados em salas de cirurgia –, papelão, vidro, papel, latas de bebidas, jornais, revistas, plásticos PET, baterias e equipamentos elétricos e eletrônicos (Voudrias, 2018).

A implementação de práticas de reciclagem pode reduzir de forma significativa o total de resíduos gerados em EAS, contribuindo diretamente para a diminuição das emissões de GEE associadas ao descarte inadequado e a mitigação das mudanças climáticas. Essa iniciativa pode promover economias substanciais de custos referentes ao descarte desses resíduos (Tabibi, 2024). Segundo Ultreras-Rodríguez *et al*. (2024), em uma análise de casos em hospitais e clínicas, a adoção de programas de reciclagem e reutilização contribui para uma redução de até 40% na quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários ou incineração. Esses autores afirmam ainda que foi registrada uma diminuição de 18% nos custos operacionais relacionados ao descarte de resíduos em EAS selecionados.

De acordo com MacNeill *et al*. (2020), a transição para uma EC no setor da saúde requer a colaboração de diversos grupos de participantes, como os administradores de hospitais, os prestadores de serviços médicos e os fabricantes de equipamentos, que devem agir com um objetivo compartilhado de transformação sistêmica.

Conclusão

A introdução da EC nos EAS não é apenas uma alternativa viável, mas uma necessidade frente à gama de desafios ambientais, sociais e econômicos enfrentados pela população mundial e pelo planeta. Ao trocar o modelo linear baseado em "extrair, produzir, consumir e descartar" por uma prática que priorize a redução, a reutilização e a reciclagem, os EAS podem minimizar significativamente os seus impactos ambientais, a extração de recursos naturais e gerar benefícios operacionais e financeiros. Essas práticas alinham-se diretamente ao cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, demonstrando a importância do setor da saúde nesse papel.

A adoção de soluções como *design* sustentável, eficiência energética, gestão hídrica adequada, tratamento de efluentes e gerenciamento responsável de resíduos, demonstra que os EAS podem prestar serviços assistenciais de qualidade com responsabilidade ambiental. Os exemplos apresentados no decorrer desta revisão reforçam a eficiência dessas estratégias, comprovando seus benefícios ambientais, econômicos e sociais.

Agradecimentos:

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico o apoio à presente pesquisa.

Referências

ABDALLA, Fernando Antônio; SAMPAIO, Antônio Carlos Freire. Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular. **Entorno Geográfico**, n. 15, p. 82-102, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.25100/eg.v0i15.6712. Acesso em: 25 jul. 2025.

ALEXIS, G. K.; LIAKOS, P. A case study of a cogeneration system for a hospital in Greece. Economic and environmental impacts. **Applied Thermal Engineering**, v. 54, n. 2, p. 488-496, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.02.019. Acesso em: 26 mar. 2025.

AL-RAWI, Omar F.; BICER, Yusuf; AL-GHAMDI, Sami G. Sustainable solutions for healthcare facilities: examining the viability of solar energy systems. **Front. Energy Res.**, v. 11, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1220293. Acesso em: 26 maio 2025.

ALSAWAF, Ebtisam S.; ALBADRY, Amjad M. Principles for the sustainable design of hospital buildings. **Int. J. Sustain. Dev. Plann**., v. 17, n. 6, p. 1797-1808, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.18280/ijsdp.170614. Acesso em: 11 abr. 2025.

ALTIN, Ahmet; ALTIN, Süreyya. Sustainable Water and Wastewater Management in Hospitals. **Turjoem**, Yozgat, v. 2, n. 1-3, p. 1-7, 2017. Disponível em: https://dergipark.org.tr/en/pub/turjoem/issue/31076/327724. Acesso em: 16 jul. 2025.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2018.

AQUILINA, Jahel. **Public hospital waste segregation practices**: a scoping review. 2024. 96 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Baseada em Evidências e Tomada de Decisão Eficaz) University of Malta, Malta, 2024. Disponível em: https://www.um.edu.mt/library/oar/handle/123456789/132878. Acesso em: 6 jun. 2025.

ARUP Global Consultancy. **Health Care's Climate Footprint**. 2019. Disponível em: https://www.arup.com/insights/healthcares-climate-footprint/. Acesso em: Acesso em: 6 jun. 2025.

AZIZUDDIN, Muhammad; SHAMSUZZOHA, Ahm; PIYA, Sujan. Influence of circular economy phenomenon to fulfil global sustainable development goal: Perspective from Bangladesh. **Sustainability**, v. 13, n. 20, p. 11455, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su132011455. Acesso em: 18 mar. 2025.

BARCELOS, Brenda Rodrigues. Economia Linear: Desafios e Soluções para um Futuro Sustentável. **Blog Crescendo Juntos**, São Paulo, 2024. Disponível em: https://cefsa.org.br/crescendojuntos/economia-linear-desafios-e-solucoes-para-um-futuro-sustentavel/. Acesso em: 29 jul. 2025.

BIRO, Andrew. 16 Sustainable Health Care Design Examples. **Green Building e Design**, 2024. Disponível em: https://gbdmagazine.com/sustainable-health-care-design-examples/. Acesso em: 15 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **UNIDADE 05: Controle de resíduos de serviços de saúde**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, [s.d]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/UNIDADE05.PDF. Acesso em: 06 jun. 2025.

ÇAKIR, Uğur; COMAKLI, Kemal; YÜKSEL, Fikret. The role of cogeneration systems in sustainability of energy. **Energy Convers. Manag**., v. 63, p. 196-202, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.01.041. Acesso em: 15 maio 2025.

CHARTIER, Yves *et al*. (eds.). **Safe management of wastes from health-care activities**. 2nd ed. Genebra: World Health Organization, 2014. Disponível em: https://www.who.int/iris/bitstream/10665/85349/1/9789241548564_eng.pdf. Acesso em: 1º nov. 2024.

CHEN-XU, José *et al*. Interventions for increasing energy efficiency in hospitals (Protocol). **Cochrane Library**, n. 3, p. 14, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1002/14651858.CD015693. Acesso em: 25 mar. 2025.

CORVALAN, Carlos *et al*. Towards climate resilient and environmentally sustainable health care facilities. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 17, n. 23, p. 8849, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijerph17238849. Acesso em: 31 jul. 2025.

CRINI, Grégorio; LICHTFOUSE, Eric. Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. **Environ Chem Lett**, v. 17, n. 1, p. 145-155, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10311-018-0785-9. Acesso em: 11 ago. 2025.

D'ALESSANDRO, Carlotta *et al*. Exploring circular economy practices in the healthcare sector: a systematic review and bibliometric analysis. **Sustainability**, v. 16, n. 1, p. 401, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su16010401. Acesso em: 2 abr. 2025.

DAVIS, Annette. Design for Disassembly. **Re-Dwell**, 2024. Disponível em: https://www.re-dwell.eu/concept-definition/51. Acesso em: 24 abr. 2025.

DEVIYANTI, Indah; SYAHRIAR, Irma. **Green hospitals for a healthier future.** Indonesia: OMS - World Health Organization, 2022. Disponível em: https://www.who.int/indonesia/news/detail/15-08-2022-green-hospitals-for-a-healthier-future. Acesso em: 9 maio 2025.

DIHAN, Musfekur Rahman *et al*. Healthcare waste in Bangladesh: Current status, the impact of Covid-19 and sustainable management with life cycle and circular economy framework. **Sci. Total Environ**., v. 871, p. 162083, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162083. Acesso em: 3 abr. 2025.

DURAIVELU, Revati; ELUMALAI, Natarajan. Performance evaluation of a decentralized rooftop solar photovoltaic system with a heat recovery cooling unit. **Environ Sci Pollut Res**, v. 28, p. 19351–19366, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11356-020-12104-0. Acesso em: 27 mar. 2025.

FERNANDES, Marco Filipe Santos. **Economia Circular no Setor da Saúde**. 2024. 35 p. Dissertação (Mestrado em Economia) Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2024. Disponível em: https://estudogeral.uc.pt/retrieve/276322/Vers%C3%A3o%20Final%20do%20Relat%C3%B3rio%20de%20Est%C3%A1gio_Marco%20Fernandes_2018263816.pdf. Acesso em: 12 mar. 2025.

FERREIRA, Isabela Gobbo; CARAN, Nara da Cruz Carolli. O papel do gerenciamento ambiental na garantia da qualidade da água hospitalar. **Rev Qualidade HC**, Ribeirão Preto, 2023. Disponível em: https://hcrp.usp.br/revistaqualidade/uploads/Artigos/478/478.pdf. Acesso em: 7 nov. 2024.

FRANCO, Andrea *et al*. A review of sustainable energy access and technologies for healthcare facilities in the Global South. **Sustain. Energy Technol**. Assess., v. 22, p. 92-105, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.02.022. Acesso em: 16 maio 2025.

HOCAOGLU, Selda Murat *et al*. Treatment-based hospital wastewater characterization and fractionation of pollutants. **J Water Process Eng**., v. 43, 2021. Disponível em: https://sci-hub.se/uptodate/S2214714421002920.pdf. Acesso em: 13 fev. 2025.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 20887:2020**. Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability — Principles, requirements and guidance. Geneva: ISO, 2020. Disponível em: https://www.steelconstruct.com/wp-content/uploads/ISO-20887_2020_01.pdf. Acesso em: 5 maio 2025.

KARLINER, Josh *et al*. Health care's climate footprint: How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. **Health Care Without Harm; ARUP**, 2019. p. 43. Disponível em: https://global.noharm.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf. Acesso em: 29 abr. 2025.

KENNY, Christina; PRIYADARSHINI, Anushree. Review of current healthcare waste management methods and their effect on global health. **Healthcare**, v. 9, n. 3, p. 284, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/healthcare9030284. Acesso em: 1º abr. 2025.

KUMARI, Astha; MAURYA, Nityanand Singh; TIWARI, Bhagyashree. Hospital wastewater treatment scenario around the globe. In: TYAGI, R.D. *et al*. (eds.). **Current developments in Biotechnology and Bioengineering.** Elsevier, 2020. cap. 15, p. 549-570. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7252247/. Acesso em: 13 fev. 2025.

KWAKYE, Gifty; BRAT, Gabriel A.; MAKARY, Martin A. Green surgical practices for health care. **Archives of surgery**, v. 146, n. 2, p. 131-136, 2011. Disponível em: https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/article-abstract/406778. Acesso em: 8 abr. 2025.

LAWSON, Mark; OGDEN, Ray; GOODIER, Chris. **Design in modular construction**. London: CRC Press, 2014, 280 p. Disponível em: https://doi.org/10.1201/b16607. Acesso em: 2 jun. 2025.

LIMA, Isabelle Cardoso Alves de. **Efluentes hospitalares e sua relação com as estações de tratamento de esgoto com ênfase na composição microbiológica**. 2023. 100 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2023. Disponível em: https://hdl.handle.net/11449/251609. Acesso em: 11 ago. 2025.

LOPES, Amanda dos Santos. **Processo de projeto de uma arquitetura sustentável para edificações de saúde**. 2014. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014. Disponível em: http://poscivil.sites.uff.br/wp-content/uploads/sites/461/2018/10/dissertacao_formatada.pdf. Acesso em: 15 abr. 2025.

LUKIANTCHUKI, Marieli Azoia *et al*. Industrialização da construção no Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS): A construção dos hospitais da Rede Sarah: uma tecnologia diferenciada através do Centro de Tecnologia da Rede Sarah – CTRS. **Arquitextos Vitruvius**, São Paulo, v. 134, n. 12, jul. 2011. Disponível em: https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.134/3975. Acesso em: 3 jun. 2025.

MACNEILL, Andrea J. *et al*. Transforming the medical device industry: road map to a circular economy: study examines a medical device industry transformation. **Health Affairs**, [S.l.], v. 39, n. 12, p. 2088-2097, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1377/hlthaff.2020.01118. Acesso em: 13 mar. 2025.

MAJUMDER, Abhradeep *et al*. A review on hospital wastewater treatment: A special emphasis on occurrence and removal of pharmaceutically active compounds, resistant microorganisms, and SARS-CoV-2. **J Environ Chem Eng.**, v. 9, n. 2, 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33251108/. Acesso em: 13 fev. 2025.

MORALES, Matteo Antonio S. Modular Construction: A Sustainable Solution For Carbon Emission Reduction In The Construction Industry. **Int. J. Eng. Appl. Sci. Technol.**, v. 8, p. 393-401, ISSN 2455-2143, 2023.

OLIVEIRA, Márcio N. de. Reduzindo a pegada de carbono do setor de saúde. **Ambiente Hospitalar**, São Paulo, v. 11, n. 15, p. 5-9, 2021.

OLIVEIRA, Rafael de Freitas *et al*. Estratégias de economia circular no tratamento de esgotos sanitários: o uso de câmaras de vácuo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 11, p. 76584-76592, 2022. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/54865. Acesso em: 5 ago. 2025.

OLIVEIRA, Sarah M. da S. *et al*. Análises microbiológicas da água utilizada em um hospital público no município de Quixeramobim, Ceará. **Brazilian J of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 44092-44098, maio 2021. DOI 10.34117/bjdv.v7i5.29192. Disponível em: https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.29192. Acesso em: 14 nov. 2024.

OMS – Organização Mundial da Saúde. **Hospitais Saudáveis, Planeta Saudável, Pessoas Saudáveis**: Abordando as mudanças climáticas em ambientes de saúde. Geneva: OMS, 2009. 32 p. Disponível em: https://www.who.int/docs/default-source/climate-change/healthy-hospitals-healthy-planet-healthy-people.pdf?sfvrsn=8b337cee_1. Acesso em: 12 maio 2025.

OMS – Organização Mundial da Saúde. **Resíduos de cuidados de saúde**. Geneva: OMS, 2024. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste. Acesso em: 4 abr. 2025.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Brasília: Portal Nações Unidas Brasil, 2025. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br. Acesso em: 6 ago. 2025.

OPS – Organización Panamericana de la Salud. **Agua, saneamiento e higiene en establecimientos de atención de salud de siete países de América Latina.** Washington: OPS, 2021. DOI 10.37774/9789275324653. Disponível em:https://doi.org/10.37774/9789275324653. Acesso em: 24 out. 2024.

OR, Zeynep; SEPPÄNEN, Anna-Veera. The role of the health sector in tackling climate change: A narrative review. **Health Policy**, v. 143, p. 105053, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2024.105053. Acesso em: 1º ago. 2025.

PALIWAL, Shreyansh. **Opportunities and Challenges of Modular Construction in a Hospitality Centric Environment.** 2019. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil e Ambiental) - University of Nevada, Las Vegas, 2019. Disponível em: http://dx.doi.org/10.34917/15778516. Acesso em: 30 maio 2025.

PRADA, Marcela *et al*. New solutions to reduce greenhouse gas emissions through energy efficiency of buildings of special importance - Hospitals. **Science of the Total Environment**, v. 718, p. 137446, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137446. Acesso em: 27 mar. 2025.

PRIYALAL, W. G. S. S. *et al*. Strategies for Effective Water Management in Health Care (HC) Sector in Sri Lanka. **IC-SD**, 2019. Disponível em: https://ic-sd.org/wp-content/uploads/2019/11/sabrina_nazeer.pdf. Acesso em: 17 jul. 2025.

SAJID, Zeerak Waryam *et al*. Climate change mitigation through modular construction. **Smart Cities**, v. 7, n. 1, p. 566-596, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/smartcities7010023. Acesso em: 3 jun. 2025.

SANOFI. **Circular Economy and Waste Management**: Sanofi, 2024. Disponível em: https://www.sanofi.com/assets/dotcom/content-app/documents/2024/Circular-Economy-and-Waste-Management.pdf. Acesso em: 5 jun. 2025.

SANTOS, Jagna Stefani dos; TORRES, Maurício C. A. Design biofílico e eficiência energética em centros de saúde: uma revisão bibliográfica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: ANTAC, 2024. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/5919. Acesso em: 4 jun. 2025.

SCHROEDER, Patrick; ANGGRAENI, Kartika; WEBER, Uwe. The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 77-95, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jiec.12732. Acesso em: 18 mar. 2025.

SEPETIS, Anastasios; GEORGANTAS, Konstantinos; NIKOLAOU, Ioannis. A Proposed Circular Economy Model for Hospital Bio-Waste Management in Municipal Settings. **Sustainability**, v. 17, n. 1, p. 20, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su17010005. Acesso em: 19 mar. 2025.

SHARMA, Hari Bhakta *et al*. Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery. **Sci. Total Environ**., v. 800, p. 149605, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149605. Acesso em: 7 abr. 2025.

SILVA, Alice Marina de Lima da *et al*. Reuse of greywater and rainwater in health units: case study in upas in the municipality of São Gonçalo. **Rev. Gest. Soc. Ambient.**, Miami, v. 19, n. 1, p. 1-11, 2024. Disponível em: https://search.proquest.com/openview/e7b2fae31650392f8ab40ee9096d2115/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2031968. Acesso em: 23 jul. 2025.

SMAS-Sintra – **Serviços Municipalizados de Sintra**, PO. Disponível em: https://www.smas-sintra.pt/sensibilizacao-ambiental/economia-circular/. Acesso em: 17 ago. 2025.

SUSZANOWICZ, Dariusz; RATUSZNY, P. **Energy efficiency improvement in hospital buildings**, based on the example of a selected type of hospital facility in Poland. In: IOP CONFERENCE SERIES: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, v. 564, p. 012129, 2019. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/564/1/012129. Acesso em: 26 mar. 2025.

TABIBI, Alex. Recycling Initiatives in the Healthcare Sector. **Green.Org**, 2024. Disponível em: https://green.org/2024/01/30/recycling-initiatives-in-the-healthcare-sector/. Acesso em: 23 maio 2025.

TEKE, Ahmet; TIMUR, Oğuzhan. Assessing the energy efficiency improvement potentials of HVAC systems considering economic and environmental aspects at the hospitals. **Renew. Sustain. Energy Rev.**, v. 33, p. 224-235, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.002. Acesso em: 14 maio 2025.

TEKE, Ahmet; TIMUR, Oğuzhan. Lighting Systems at the Hospitals: An Overview. **Majlesi Journal of Energy Management**, v. 2, n. 2, p. 39-51, 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/download/80313690/pdf.pdf. Acesso em: 28 maio 2025.

TESLIM, Badrudeen. Water Management and Conservation Strategies in Hospitals. **ResearchGate**, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/383784162_WATER_MANAGEMENT_AND_CONSERVATION_STRATEGIES_IN_HOSPITALS. Acesso em 17 jul. 2025.

TOMANEK, Michał. Energy Efficiency in Hospitals–towards Sustainable Healthcare. **Builder**, v. 28, n. 3, p. 38-42, 2024. Disponível em: https://publisherspanel.com/api/files/view/2399802.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.

ULTRERAS-RODRÍGUEZ, Andrés *et al*. Circular Economy in the Health Sector: Sustainable Management of Hospital Waste and Its Environmental Impact. **Seminars in Medical Writing and Education**, v. 3, p. 663, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.56294/mw2024663. Acesso em: 22 maio 2025.

UNEP – United Nations Environment Programme. **Kigali cooling efficiency programme 2019**. Disponível em: https://www.unep.org/ozonaction/kigali-cooling-efficiency-programme. Acesso em: 22 maio 2025.

VERLICCHI, Paola *et al*. Hospital effluents as a source of emerging pollutants: an overview of micropollutants and sustainable treatment options. **Journal of hydrology**, v. 389, n. 3-4, p. 416-428, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.06.005. Acesso em: 15 jul. 2025.

VICTORIAN GOVERNMENT DEPARTMENT OF HEALTH. **Guidelines for Water Reuse and Recycling in Victorian Health Care Facilities**. Victoria: Melbourne, 2009. Disponível em: https://vgls.sdp.sirsidynix.net.au/client/search/asset/1161347. Acesso em: 15 jul. 2025.

VIET, H. M. **Reciclagem de metais metálicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em: https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/reciclagem-mm/pag4.php. Acesso em: 25 jul. 2025.

VILAS-BOAS, Doris. Sustentabilidade em estabelecimentos assistenciais de saúde: soluções de projeto arquitetônico. **Ambiente Hospitalar**, São Paulo, v. 5, n. 8, p.11-19, 2011.

VOUDRIAS, Evangelos A. Healthcare waste management from the point of view of circular economy. **Waste Management**, v. 75, p. 1-2, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.020. Acesso em: 1º abr. 2025.

VOURDOUBAS, John. Possibilities of using sustainable energy technologies including CHP systems, solar photovoltaics and heat pumps in hospitals. **EJ-Energy**, v. 2, n. 2, p. 1-8, 2022. Disponível em: http://dx.doi.org/10.24018/ejenergy.2022.2.2.52. Acesso em: 27 maio 2025.

VOURDOUBAS, John. Use of renewable energy sources for heat and cooling generation in hospitals. **ASRJETS**, v. 79, n. 1, p. 98-112, 2021. Disponível em: https://asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/6840. Acesso em: 31 mar 2025.

WIPRO LIGHTING. Integrating Smart Lighting Systems in Modern Hospitals: A Bright Future for Healthcare. **Wipro Lighting**, 2024. Disponível em: https://www.wiprolighting.com/blog/integrating-smart-lighting-systems-in-modern-hospitals-a-bright-future-for-healthcare. Acesso em: 28 maio 2025.

ZAZA, Paraskevi N.; SEPETIS, Anastasios; BAGOS, Pantelis G. Prediction and optimization of the cost of energy resources in Greek public hospitals. **Energies**, v. 15, n. 1, p. 14, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/en15010381. Acesso em: 21 mar. 2025.

ZHAO, Yang; ZHAN, Qinchuan; XU, Tiancheng. Biophilic design as an important bridge for sustainable interaction between humans and the environment: Based on practice in Chinese healthcare space. **Comput. Math. Methods Med.**, v. 2022, n. 1, p. 14, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2022/8184534. Acesso em: 11 jun. 2025.

ZHONG, Weijie; SCHRÖDER, Torsten; BEKKERING, Juliette. Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: A critical review. **Frontiers of Architectural Research**, v. 11, n. 1, p. 114-141, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.07.006. Acesso em: 8 maio 2025.

Autores

Antonio Pedro Alves de Carvalho Arquiteto e engenheiro civil, com pós-doutorado na Universitat Politècnica de Catalunya. Professor titular da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, coordenador do Conselho Editorial da Associação Brasileira para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar (ABDEH), atuando como pesquisador nas áreas de arquitetura hospitalar, metodologia do projeto arquitetônico, meio ambiente e saúde.

Jair de Jesus Lima Bacharel interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Atualmente cursando graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal da Bahia.

Artigo

Iluminação natural e processo projetual de Siegbert Zanettini: Hospital Ermelino Matarazzo

Autores
Danielly Marcianny Silva Eulário Universidade de São Paulo
Paulo Sergio Scarazzato Universidade de São Paulo
Ludmila Cardoso Fagundes Mendes Universidade Federal de Minas Gerais

DOI: 10.62558/2358-3630/23.01.04

Resumo

Este artigo analisa a abordagem da iluminação natural no processo de projeto do arquiteto Siegbert Zanettini, com foco no Hospital Municipal Ermelino Matarazzo, em São Paulo. A pesquisa parte da discussão contemporânea sobre os benefícios da luz natural em ambientes de cuidado à saúde, especialmente relacionados ao bem-estar, à recuperação dos pacientes e à regulação do ciclo circadiano. O estudo foi desenvolvido por meio de revisão de literatura, análise do projeto arquitetônico e entrevista com o arquiteto. Os resultados evidenciam que soluções arquitetônicas como átrios com claraboias, dispositivos de sombreamento e adequada orientação das fachadas contribuem para a distribuição da luz natural nos ambientes internos. Conclui-se que o processo de projeto desempenha papel fundamental na incorporação de estratégias passivas de iluminação natural, capazes de promover ambientes hospitalares mais humanizados, eficientes e alinhados às condições climáticas locais.

Palavras-chave:

arquitetura hospitalar, iluminação natural, processo de projeto, ecoeficiência, avaliação pós-ocupação.

Introdução

O ambiente hospitalar tem se adaptado às mudanças ocorridas conforme sua função, complexidade e atividades dos ocupantes. O desafio para tais ambientes é contribuir para atenuar o sofrimento (Lisboa, 2021). No entanto, o início do ordenamento dos hospitais não surge pela busca de "uma ação positiva do hospital sobre o doente ou a doença", conforme Lisboa, 2021:

> O primeiro fator da transformação foi, não a busca de uma ação positiva do hospital sobre o doente ou a doença, mas simplesmente a anulação dos efeitos negativos do hospital. Não se procurou primeiro medicalizar no hospital, mas purificá-lo dos efeitos nocivos da desordem que ele acarretava. E desordem aqui significa doenças que ele podia suscitar nas pessoas internadas e espalhar na cidade em que estava situado, como também a desordem econômico-social de que ele era foco perpétuo [...]. (Lisboa, 2021, pág.78)

Edifícios hospitalares diferem de outras tipologias, como observou Jarbas Karman (Bitencourt; Saccomori, 2021), fundador do Instituto de Pesquisas Hospitalares.

> "Creio que poucos sabem 'ver' um hospital, porque o hospital, infelizmente, é pouquíssimo conhecido entre nós; muitos não entram sequer no mérito das soluções apresentadas, não se importando que estas sejam sumárias e superficiais, contanto que o aspecto da planta seja 'limpo' e o exterior monumental. Este modo de aquilatar a obra arquitetônica talvez se preste para prédios comerciais, mas nunca para um hospital. O hospital é bem diferente, pois, ao mesmo tempo em que cada departamento e peça integrante forçosamente têm que observar dimensões exatas, é preciso que estes departamentos e peças sejam dispostos em conformidade com as interligações ideais. Qualquer concessão vai se refletir na elevação do custo de manutenção do hospital." (Jarbas Karman, Folha da Manhã, 24 de agosto de 1958. IPH, 2016)

A postura de Zanettini com relação a projetos hospitalares está plenamente em consonância com a de Jarbas Karman pois, ao trabalhar conscientemente com o potencial da iluminação natural em tais edifícios, contribui com sua eficiência energética. Além disso, a correta utilização da iluminação natural que passa pelo controle da insolação e do ofuscamento nela potencialmente presentes contribui para maior bem-estar, conforto e promoção da saúde de pacientes e de funcionários.

A literatura temática sobre edificações hospitalares indica que as formas convencionais podem promover estresse desnecessário ao paciente e à equipe assistencial. Uma alternativa para reduzir tal problema é a aplicação da metodologia do design baseado em evidências, que pode resultar em projetos com configurações físicas capazes de reduzir a

fadiga, de modo a tornar mais eficientes os cuidados, além de viabilizar ambientes de segurança e de qualidade aos ocupantes (Ulrich *et al*., 2004).

O contato de pacientes hospitalares com a natureza, por meio de acesso visual do leito com o exterior, pode resultar em recuperação mais rápida, com redução do estresse e da dor. Distrações positivas, como o acesso a vistas para a natureza, além do acesso à luz do dia, auxiliam o paciente a sentir o espaço além de sua dor ou angústia (Ulrich, 1991). Nesse contexto, a boa arquitetura hospitalar contemporânea busca através da metodologia do Design Baseado em Evidências, bastante conhecido no meio técnico brasileiro pelo seu nome e sigla em inglês, *Evidence-Based Design* (EBD), atender às necessidades dos diferentes grupos de ocupantes de ambientes hospitalares, o que por vezes pode ser conflitante. É preciso sensibilidade e criatividade. Ulrich propõe avaliar ganhos e perdas para a proporção de um projeto arquitetônico "psicologicamente solidário".

Aspectos como a geometria dos espaços, a orientação do edifício, a transmitância dos vidros e as refletâncias das superfícies internas são relevantes. Fatores externos, como a latitude e a longitude da localidade, os dados climáticos e os tipos de céus, também impactam a quantidade e a qualidade da luz natural nos ambientes. Esses fatores devem ser considerados no projeto arquitetônico com o intuito de otimizar a captação e distribuição da iluminação natural, para a promoção do conforto visual e do bem-estar dos usuários (Garcia *et al*., 2020).

Objetivo

Este artigo tem como objetivo principal analisar a abordagem da iluminação natural no processo de projeto do arquiteto Siegbert Zanettini, adotada no Hospital Municipal Ermelino Matarazzo, numa época anterior ao uso de princípios hoje discutidos no campo do Design Baseado em Evidências. À frente de seu tempo, Zanettini compreendeu a importância da conexão visual com o exterior e o uso de átrios em seus projetos hospitalares, como recursos para a redução do estresse e suporte psicológico defendidos por Ulrich.

Revisão de literatura

A contribuição da iluminação natural em espaços de cuidado à saúde

A luz dá ritmo à vida através dos efeitos visuais ou não visuais (Brandston, 2010). A contribuição essencial da luz do dia está diretamente ligada ao bem-estar geral do ser humano, relacionada à fisiologia humana, ao contribuir com a regulação do ciclo circadiano, além de reduzir o uso de energia e tornar o ambiente mais humano, acolhedor (Heschong, 2021).

Do ponto de vista fisiológico, a luz do dia exerce um impacto significativo sobre o sistema circadiano humano, responsável pela regulação de diversos processos biológicos, como o ciclo sono-vigília, o humor e os níveis de alerta. A luz que alcança a retina atua como o principal sincronizador desses ritmos biológicos em relação ao ciclo natural de 24 horas do dia e da noite. Quando as pessoas permanecem longos períodos em ambientes com pouca exposição à luz natural, pode ocorrer uma desregulação circadiana, que pode resultar em diversos problemas de saúde, como distúrbios do sono, alterações metabólicas e impactos negativos no bem-estar psicológico (Acosta, Leslie e Figueiró, 2017).

A iluminação natural é amplamente reconhecida como um atributo ambiental fundamental em ambientes de saúde, devido aos benefícios que abrangem a saúde humana, o bem-estar e o desempenho nas atividades cotidianas. Historicamente, a concepção do "hospital terapêutico", no século XVIII, já associava os índices de cura à qualidade espacial, destacando a ventilação e a luz solar como fatores cruciais para a recuperação. Com o avanço das pesquisas contemporâneas, compreendeu-se que a luz não é apenas uma necessidade visual, mas um elemento que influencia o relógio biológico, auxiliando na regulação endócrina e na mitigação do estresse e da fadiga (Ribeiro *et al*, 2020).

Tanto a luz solar direta quanto a luz do dia contribuem para a recuperação de pacientes, principalmente quando lhes possibilitam a visualização do exterior ou, pelo menos, a percepção do transcorrer das horas do dia. As boas práticas nos cuidados para saúde empregadas no fim do século XIX e início do século XX, como o uso de varandas, solares e o contato com o ar fresco em hospitais de tratamento de tuberculose, podem ser vistas como um meio para a recuperação (Cooper-Marcus e Barnes, 1995).

Outro aspecto relevante refere-se ao impacto da iluminação natural sobre o desempenho e a produtividade dos profissionais de saúde. Estudos indicam que ambientes de trabalho adequadamente providos de iluminação natural podem melhorar a concentração, reduzir a fadiga visual e até contribuir para a diminuição de erros dos profissionais de saúde. A presença de luz do dia em estações de trabalho e áreas de atendimento, portanto, não beneficia apenas os pacientes, mas também melhora as condições de trabalho das equipes médicas e técnicas (Capolongo *et al*, 2016).

Além dos efeitos fisiológicos, a iluminação natural contribui para aspectos psicológicos e emocionais dos usuários. A presença de janelas e a possibilidade de visualização do ambiente externo promovem uma sensação de conexão com o mundo exterior, reduzindo a sensação de isolamento frequentemente experimentada por pacientes hospitalizados. Esse contato visual com o exterior pode contribuir para a redução do

estresse e para a criação de ambientes mais humanizados, favorecendo o processo terapêutico (Acosta, Leslie e Figueiró, 2017).

Em ambientes hospitalares, a presença da iluminação natural é considerada um fator determinante de saúde, pois promove a sincronização da fisiologia humana. Estudos indicam que a existência de janelas e o acesso à luz solar reduzem significativamente a ocorrência de dor, febre e depressão pós-operatória nos pacientes. Além disso, a iluminação natural contribui para a melhora do ciclo do sono e acelera a recuperação em tratamentos prolongados, como os oncológicos, e em unidades de terapia intensiva (UTI). A privação desse contato visual com o exterior pode levar o indivíduo a situações de desconforto, uma vez que o contato com o ambiente externo atende a uma necessidade biológica de informação visual (Ribeiro *et al*, 2020).

Além dos benefícios para a saúde e para a experiência do usuário, o aproveitamento da iluminação natural também apresenta vantagens do ponto de vista energético e ambiental. A redução da dependência de iluminação artificial durante o dia pode diminuir o consumo energético dos edifícios hospitalares, contribuindo para estratégias de sustentabilidade e eficiência energética. Ao considerar cuidadosamente aspectos como orientação, dimensionamento de aberturas, materiais e organização espacial, é possível criar ambientes que maximizem os benefícios da luz do dia, promovendo espaços mais saudáveis e eficientes (Acosta, Leslie e Figueiró, 2017).

Influência do design arquitetônico na percepção da luz do dia no espaço construído

As diretrizes presentes em normativas determinam condições e atributos dos espaços de cuidados à saúde, as relações entre janelas, meio externo, interno e os ocupantes, embora ainda não haja uma definição unificada sobre a qualidade de visualização de uma janela aplicada a variados tipos de ocupações e edificações. O processo de projeto de edificações hospitalares deve, assim, ter compromisso com a qualidade de vida dos que irão trabalhar ou se tratar, pois ambientes como os quartos de internação podem exigir aberturas diferentes daquelas em espaços de trabalho, dada a especificidade da ocupação (Ko *et al*., 2021).

O estudo de implantação, a volumetria dos edifícios e a configuração das fachadas são aspectos da maior importância no processo de projeto, por terem relação direta com a qualidade da iluminação natural, incluindo o controle de insolação. Quando o arquiteto tem consciência disso, além de estar no caminho certo para a obtenção de resultados apropriados, facilita o trabalho de consultoria especializada, responsável por assegurar

adequada iluminação natural no interior do edifício, com o controle correto de ofuscamento e de ganhos de calor (Ko *et al*., 2021).

Do ponto de vista do conforto ambiental, a iluminação natural também influencia a percepção estética e a qualidade espacial dos ambientes hospitalares. A variação da luz ao longo do dia cria ambientes mais dinâmicos e agradáveis, contribuindo para a percepção positiva do espaço construído. Nesse sentido, o planejamento efetivo da iluminação natural deve considerar aspectos como orientação solar, dimensionamento das aberturas, materiais internos e estratégias de controle da luz, garantindo níveis adequados de iluminação sem provocar ofuscamento ou desconforto visual (Acosta, Leslie e Figueiró, 2017).

A orientação das fachadas também altera a percepção espacial da luz. Fachadas voltadas ao norte ou ao sul, em latitudes tropicais, apresentam comportamentos distintos de uniformidade e entrada de luz direta, exigindo soluções de design específicas para cada caso. A ausência de elementos de proteção solar, como brises fixos ou móveis, por exemplo, é uma falha comum de projeto que resulta em desconforto visual devido ao excesso de luz direta e ao calor. Assim, o processo de projeto deve equilibrar a necessidade de altas iluminâncias com a qualidade da vista e o controle do ofuscamento, entendendo que soluções de sombreamento e o correto dimensionamento das aberturas são essenciais para garantir espaços internos saudáveis e atrativos (Ribeiro *et al*, 2020).

Entre os elementos arquitetônicos mais importantes para a entrada e distribuição da luz do dia destacam-se o tamanho e a posição das janelas, a proporção entre a área envidraçada e a fachada, a orientação do edifício, bem como as características das superfícies internas. O dimensionamento correto das aberturas é considerado um fator essencial para permitir que a iluminação natural alcance diferentes áreas do ambiente, de modo a oferecer tanto a iluminação visual quanto os estímulos necessários ao sistema circadiano (Acosta, Leslie e Figueiró, 2017).

A presença de janelas permite a visualização da luz do dia, de modo a resultar em um ambiente mais agradável, com vistas e distrações (Lam, 1977). Uma arquitetura baseada em luz natural é uma arquitetura condicionada a condições ambientais. Durante o processo de projeto, há características que precisam ser consideradas para atingir o resultado adequado. Com isso, a integração da iluminação natural no projeto arquitetônico de edificações hospitalares constitui uma estratégia essencial para promover ambientes mais saudáveis, humanizados e eficientes. Ao considerar os efeitos fisiológicos, psicológicos e funcionais da luz do dia, arquitetos e outros profissionais de projeto podem contribuir significativamente para a melhoria da qualidade dos espaços de cuidado e para o bem-estar geral de seus usuários (Acosta, Leslie e Figueiró, 2017).

A altura do peitoril é um elemento de design representativo para o conforto luminoso e a visão do entorno. Janelas com peitoris altos tendem a propiciar um maior alcance na distribuição e na uniformidade da luz, o que diminui a possibilidade de ofuscamento direto no plano de trabalho. Contudo, por estarem acima do campo visual, essas aberturas muitas vezes restringem a visão do paciente do céu, impedindo o contato com a linha do horizonte. Em contrapartida, janelas com peitoris baixos otimizam o contato visual com a paisagem, mas podem gerar uma iluminação pouco uniforme e aumentar o risco de ofuscamento, especialmente para usuários acamados (Ribeiro *et al*, 2020).

Estudos de simulação em ambientes hospitalares demonstram que a relação entre a área da janela e a fachada pode influenciar significativamente os níveis de estímulo circadiano recebidos pelos ocupantes. Em determinados contextos, uma maior proporção de área envidraçada permite que níveis adequados de iluminação natural atinjam áreas mais profundas do ambiente, aumentando a probabilidade de que os usuários recebam estímulos luminosos suficientes para a sincronização dos ritmos biológicos (Acosta, Leslie e Figueiró, 2017).

Os desafios dos hospitais do século XX, por João Filgueiras Lima, Lelé

Zanettini é um admirador do trabalho do Arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé) e sua contribuição para a arquitetura na área da saúde no Brasil. Este tópico aborda um pouco do pensamento daquele arquiteto a partir de seu livro: **Arquitetura, uma experiência na área da saúde**. Em entrevista concedida aos autores, Zanettini destacou a influência do trabalho de Lelé em sua trajetória profissional, especialmente no que se refere à relação entre arquitetura, tecnologia e condições ambientais.

> (...) eu tive uma relação muito forte com ele (Lelé), porque também pensava em industrializar. E ele era muito bom mesmo. Ele era o melhor arquiteto da época. De alguma maneira, eu andei meio paralelo ao processo todo de construção brasileira, junto ao Lelé. Sempre no sentido crítico. (Recorte de entrevista concedida pelo arquiteto, professor e Dr. Siegbert Zanettini aos autores em 7/4/2024.)

O modelo de hospital tecnológico consolidou-se no século XX, caracterizando-se pela integração de diferentes especialidades médicas em uma mesma unidade e pelo uso intensivo de tecnologias. Após a Segunda Guerra Mundial, o avanço científico e a participação de grandes empresas no setor médico-hospitalar ampliaram significativamente a oferta de equipamentos e sistemas especializados. Esse processo contribuiu para a automação de diversos serviços hospitalares e para transformações na organização dos espaços e das instalações prediais

(Lima, 2012). O desenvolvimento da bacteriologia e das técnicas de controle de infecção também influenciou diretamente o projeto dos edifícios hospitalares. Nesse contexto, a iluminação e a ventilação naturais, comuns nos hospitais pavilhonares, foram gradualmente substituídas por sistemas artificiais de climatização e iluminação. Como consequência, os ambientes hospitalares tornaram-se mais herméticos e tecnicamente controlados.

> O exibicionismo tecnológico da época tornou o ambiente hospitalar artificial e desumano, ao ponto de influenciar o estágio depressivo do paciente provocando seu estado psicológico, de modo que passou a dificultar os próprios processos de cura. Em 1960, ocorriam esforços para mudar esse modo de pensar o hospital na Fundação Hospitalar de Brasília, em uma tentativa de estabelecer um modelo hospitalar extensível e flexível, que facilitasse as inovações, mas que promovesse hospitais menos herméticos, com integração a espaços externos ajardinados, para que os pacientes tivessem terapias ao ar livre e banhos de sol (Lima, 2012, pág.41).

Método

Com base na revisão de literatura apresentada, a presente pesquisa foi dividida em duas etapas principais: (1) análise do projeto arquitetônico do Hospital Municipal Ermelino Matarazzo, com ênfase nas estratégias adotadas para a disponibilidade e o controle da luz do dia; e (2) entrevista com o Arquiteto Zanettini.

O ponto de partida para a pesquisa foi a busca e leitura de referências sobre projetos hospitalares, com atenção especial a aspectos de percepção visual e iluminação natural. A bibliografia é discutida com outros autores que evidenciam a importância da iluminação natural nos estabelecimentos assistenciais de saúde, como Ko *et al*., Ulrich, Cooper-Marcus, Barnes e Lima, dentre outros relevantes no contexto abordado.

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso qualitativo, com abordagem exploratória, sendo analisadas a orientação azimutal e a morfológica visual. Foi analisado o projeto arquitetônico do Hospital Municipal Ermelino Matarazzo, com ênfase nas estratégias projetuais relacionadas ao aproveitamento da iluminação natural. A análise foi conduzida com base em critérios identificados na literatura, tais como orientação das fachadas, presença de dispositivos de sombreamento, configuração de átrios e relação entre aberturas e espaços internos. Além disso, foi realizada entrevista semiestruturada com o arquiteto Ziegbert Zanettini, autor do projeto, que confirmou terem sido conscientes as soluções propostas para a iluminação natural e o controle da insolação, pelos benefícios que proporcionam.

Resultados

Análise do projeto

O edifício objeto deste artigo está localizado na região leste da cidade de São Paulo e foi inaugurado em 1991. Ele se destaca pelo engajamento proporcionado, pois foi desenvolvido, planejado e executado em discussão com representantes da comunidade local, além de técnicos da prefeitura e membros da comissão de saúde "ouvindo sugestões e acatando mudanças". Para compreensão de todos a respeito do que estava para ser construído, foi necessário explicar aos membros da comissão o que era um projeto arquitetônico, a necessidade da elaboração de um projeto e como se daria o processo projetual do espaço hospitalar (Zanettini, 2002).



Figura 1 . Hospital Municipal Ermelino Matarazzo. Fonte: Zanettini, 2000.

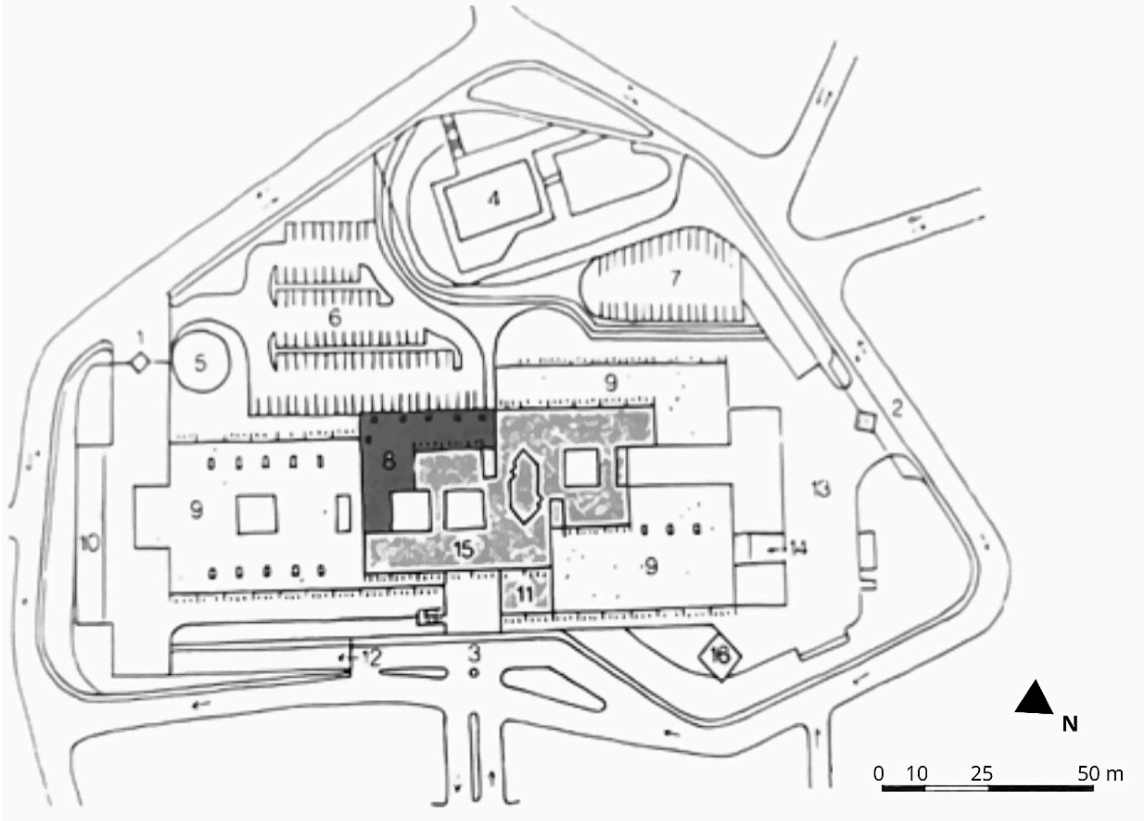
O Hospital Municipal Ermelino Matarazzo difere-se em sua concepção por ser fruto de uma dinâmica colaborativa. Desde acompanhamento da obra até sua inauguração, houve participação da comissão de saúde em todo o processo, em que o arquiteto buscou atender às necessidades da população local, conforme a realidade de quem vive e utiliza o espaço.

> "Nosso hospital é diferente porque nele os detalhes de funcionamento e de arquitetura foram concebidos a partir de sugestões e reivindicações dos usuários. Subimos nos andares para acompanhar o desenvolvimento da obra, para que não atrasasse, opinamos sobre o acabamento e fomos entendendo de piso, contrapiso e pé-direito". (Texto da comissão de saúde para a população. Zanettini, 2000, pág.214.)

A humanização do hospital se iniciou no processo participativo e se materializou na qualidade do objeto arquitetônico, valorizado pela adequada captação e distribuição da iluminação natural, associadas a criterioso controle da insolação.

Análise arquitetônica com base na bibliografia de apoio

O Hospital Municipal Ermelino Matarazzo apresenta soluções a respeito da iluminação natural, como a utilização de claraboias, situadas em átrios, e *brises* nas fachadas nordeste e sudoeste. Para a elaboração deste artigo, foram considerados o terceiro pavimento, destinado a obstetrícia e berçário, e o quarto pavimento, onde se encontram a obstetrícia e a pediatria, conforme as plantas abaixo (Figuras 2 a 4):



IMPLANTAÇÃO
1. Acesso de pacientes externos
2. Acesso de serviço
3. Entrada principal
4. Creche assistencial
5. Heliponto
6. Estacionamento público
7. Estacionamento de funcionários
8. Teto-jardim
10. Garagem de ambulâncias
11. Auditório
12. Entrada de ambulâncias
13. Pátio de serviços
14. Doca
15. Bloco vertical de internações
16. Abastecimento/lavagem/manutenção de veículos

Figura 2 . Implantação do Hospital Municipal Ermelino Matarazzo. Fonte: Zanettini, 2000.

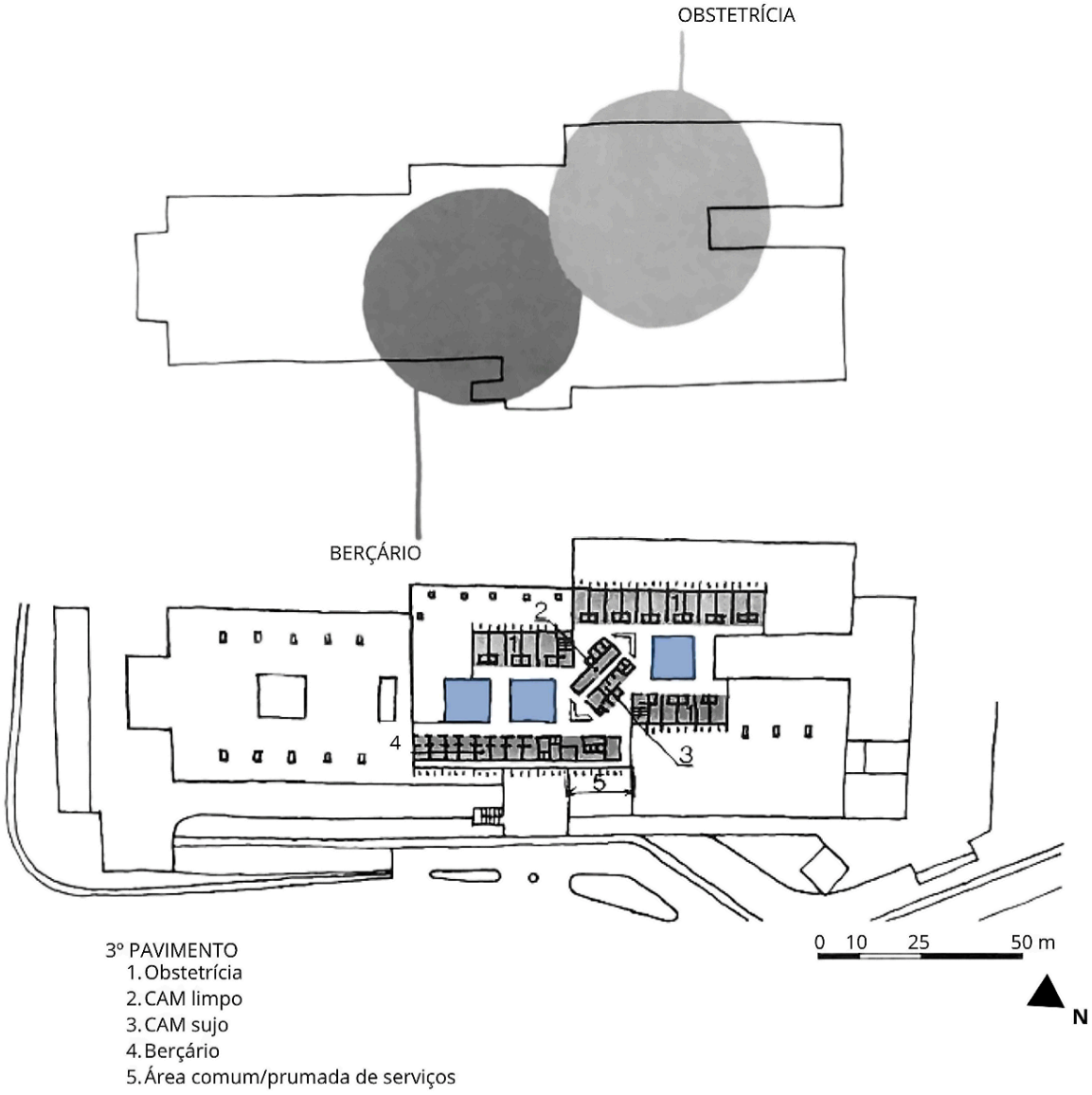


Figura 3 . Diagrama e planta de setorização das unidades de atendimento do terceiro pavimento, com localização da obstetrícia e do berçário. Fonte: Zanettini, 2000.

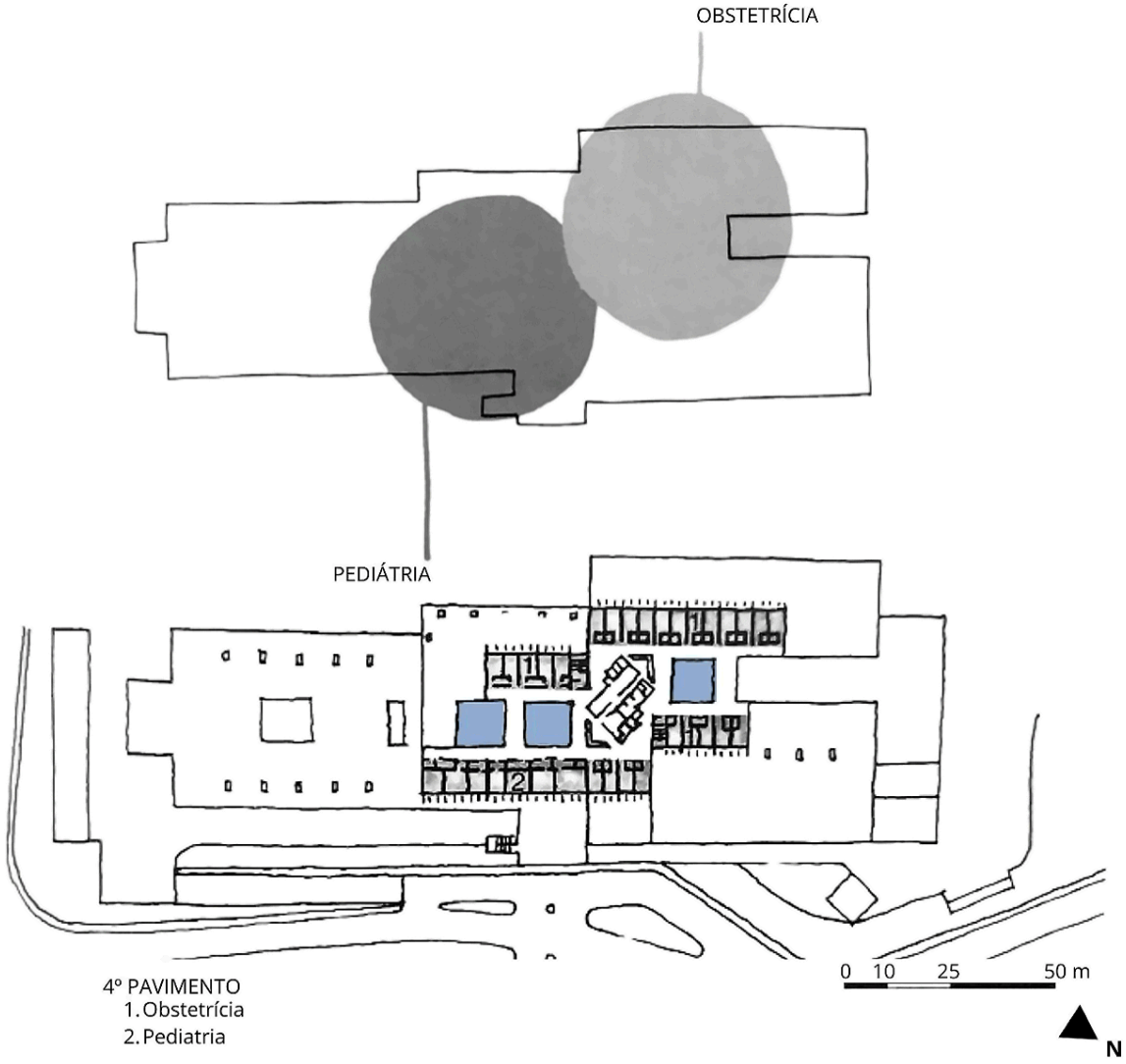
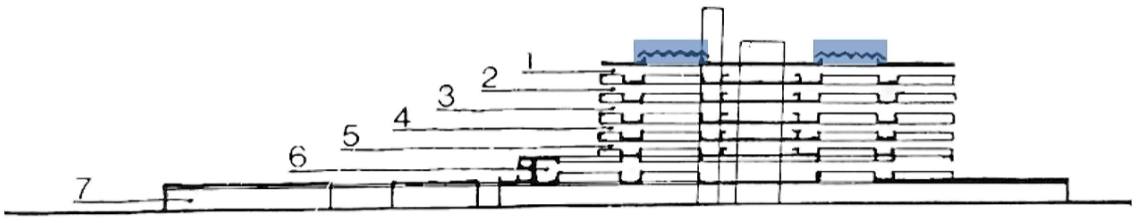


Figura 4 . Diagrama e planta de setorização das unidades de atendimento do quarto pavimento, com localização da obstetrícia e da pediatria. Fonte: Zanettini, 2000.



Átrios
1. Clínica cirúrgica
2. Clínica médica
3. Obstetrícia/pediatria
4. Obstetrícia/berçário
5. Administração
6. Centro e obstétrico/UTI
7. Pronto atendimento/serviços

Figura 5 . Corte esquemático com indicação da setorização das unidades por andar, com a localização da Obstetrícia e Pediatria e da Obstetrícia e Berçário. Fonte: Zanettini, 2000.

Nas plantas, é possível observar três átrios cobertos por claraboias translúcidas, as quais estão presentes em todos os pavimentos. A solução adotada permite a percepção da variação da iluminação natural ao longo do dia e das estações do ano, o que favorece o equilíbrio do ciclo circadiano de todos os usuários, uma vez que pacientes, acompanhantes, equipe médica e assistencial têm acesso visual aos átrios cobertos e iluminados. Além disso, essa solução pode colaborar para a economia de iluminação elétrica, uma vez que todos os pavimentos têm acesso à luz do dia de forma indireta.

Os átrios possuem aletas, que controlam a incidência solar direta, o que resulta em maior conforto visual. A presença de átrios com claraboias permite a distribuição da iluminação natural em áreas profundas da planta hospitalar, estratégia que contribui para níveis mais homogêneos de iluminância e reduz a dependência de iluminação artificial durante o período diurno.

Outra solução adotada por Zanettini é o uso de elementos de sombreamento das aberturas nas fachadas, por meio de *brises* fixos, que proporcionam mais controle de ofuscamento e distribuição da luz difusa, aumentando o conforto dos pacientes. Os *brises* estão situados em toda a extensão das fachadas noroeste e sudoeste, considerando que, no terceiro pavimento, está localizado o berçário e, no quarto, a pediatria.



Figura 6 . Solução de sombreamento nas fachadas noroeste e sudoeste do Hospital Municipal Ermelino Matarazzo. Fonte: Zanettini, 2000.



Figura 7 . Átrio com cobertura translúcida que permite a percepção da luz do dia. Fonte: Zanettini, 2000.

Entrevista

Em entrevista concedida aos autores em 2024, Zanettini enfatizou a importância da tecnologia na concepção arquitetônica e, consequentemente, na percepção da luz em espaços interiores.

> Não se faz arquitetura sem tecnologia. (...) O mundo das artes e o mundo das ciências, a arquitetura é o encontro das duas. Eu explico por que ela, a arquitetura, procura atender a todas as condicionantes técnicas e visuais e ambientais possíveis. (...) Essa é a minha luta, de entender o nosso clima, mais tarde entender claramente os nossos biomas, e cada um com suas características. Entender os regimes de ventos, a densidade, a abertura de luz, a maneira toda de entender isso no lugar, com seu solo determinado, com seu subsolo também. (Recorte da entrevista concedida pelo arquiteto, professor e Dr. Siegbert Zanettini em 7/4/2024.)

A crítica do arquiteto aos hospitais "fechados e pesados" da década de 60 é refletida em seu processo de projeto, com ênfase na utilização da "ecoeficiência" aplicada no Hospital Ermelino Matarazzo.

> (...) na década de 60 eu comecei a questionar essa arquitetura. Comecei a abordar alguns conceitos de ecoeficiência, começou a surgir a questão da sustentabilidade. A ecoeficiência que eu lancei na década de 1960 estava preocupada, originalmente, em entender a nossa realidade, o nosso meio ambiente, contribuía para a nossa arquitetura. E como ele, de certa maneira, era determinante nessa arquitetura. Então, esse conceito meu vem de muitos anos. Vem de 60 anos. Na época, eu chamava de ecoeficiência, mas eu já começava a discutir nas propostas essa questão de por que as obras tão fechadas, tão pesadas, tão marcantes no sentido de se preocupar com a beleza delas, mas não respondiam, principalmente, às condições ambientais brasileiras. (Recorte da entrevista concedida pelo arquiteto, professor e Dr. Siegbert Zanettini em 7/4/2024.)

Durante a entrevista, o arquiteto também falou sobre a importância de se considerar as condições climáticas locais durante a concepção de projetos arquitetônicos.

> Eu sou brasileiro. E eu entendi meu clima, o projeto também precisa entender esse clima. Para mim, é fundamental. Se não tem isso, para mim, já nasce errado. Eu não penso que a arquitetura é independente do lugar. O lugar é um determinante da arquitetura, é forte. O custo inicial de produção, de pensamento, isso não tem mais. Agora é produzir. (Recorte da entrevista concedida pelo arquiteto, professor e Dr. Siegbert Zanettini em 7/4/2024.)

Discussão

Por se tratar de um projeto com participação social, o Hospital Municipal Ermelino Matarazzo possui especificidades que fazem dele um edifício singular no âmbito da arquitetura para saúde. Conforme apresentado pelo arquiteto Zanettini em seu livro **Arquitetura, Razão, Sensibilidade**, em alguns períodos, as reuniões para discussão do projeto eram semanais e contavam com "pauta previamente discutida em assembleias com os moradores". A análise do Hospital Municipal Ermelino Matarazzo evidencia que as estratégias projetuais adotadas por Siegbert Zanettini antecipam discussões contemporâneas sobre "hospital terapêutico", onde a luz não é apenas uma necessidade visual, mas um elemento de sincronização biológica. Sendo condicionantes técnicas: a integração da luz natural ao ambiente construído, a compreensão do clima e do bioma.

A presença de átrios centrais cobertos por claraboias constitui um elemento fundamental para a distribuição da luz natural nos pavimentos internos do edifício. Essa solução permite que a iluminação diurna penetre em áreas mais profundas da edificação, reduzindo a dependência de iluminação elétrica durante o dia, de modo a contribuir para a percepção da variação luminosa ao longo do tempo. Conforme discutido por Acosta, Leslie e Figueiró (2017), a exposição à iluminação natural desempenha

papel relevante na regulação do sistema circadiano e influencia diretamente o bem-estar e o ritmo circadiano de pacientes e profissionais de saúde.

Além disso, os átrios funcionam como elementos de orientação espacial e de conexão visual entre os diferentes pavimentos do edifício. Essa estratégia contribui para a criação de ambientes mais abertos e menos institucionalizados, o que está em concordância com as discussões propostas por Ulrich (1991) sobre ambientes hospitalares capazes de reduzir o estresse psicológico dos usuários. Outro aspecto relevante refere-se à adoção de dispositivos de sombreamento nas fachadas, por meio de *brise-soleil*. Esses elementos permitem controlar a incidência da radiação solar direta, evitando o ofuscamento e o ganho térmico excessivo, ao mesmo tempo que mantêm a entrada de luz difusa nos ambientes internos. De acordo com Ribeiro *et al*. (2020), estratégias de controle solar são fundamentais para garantir conforto visual e qualidade ambiental em espaços hospitalares.

As soluções adotadas no projeto também demonstram uma forte relação com as condições climáticas locais, aspecto enfatizado pelo próprio arquiteto em entrevista. Essa abordagem evidencia uma postura projetual baseada na compreensão do clima e do contexto ambiental brasileiro, aproximando-se das reflexões propostas por João Filgueiras Lima (2012) sobre a importância de integrar arquitetura, tecnologia e condições ambientais na concepção de edifícios hospitalares. Assim, observa-se que o projeto do Hospital Municipal Ermelino Matarazzo incorpora estratégias positivas de iluminação natural que não apenas respondem a questões técnicas e ambientais, mas também contribuem para a qualidade espacial e para a humanização dos ambientes de cuidado à saúde.

Conclusão

Esta pesquisa demonstrou que as soluções de projeto arquitetônico focadas no aproveitamento da iluminação natural são fundamentais para a criação de ambientes hospitalares humanizados e eficientes. A utilização de elementos de sombreamento e a correta orientação das fachadas podem ser eficazes na atenuação do ofuscamento e na melhoria do conforto térmico, permitindo uma interação positiva entre o usuário e o seu entorno. Conclui-se que o processo de projeto, quando pautado na leitura do lugar e na ciência da luz, é capaz de promover espaços que vão além da funcionalidade técnica, atuando como agentes ativos na humanização e no acolhimento.

Agradecimentos

Os pesquisadores agradecem ao arquiteto Siegbert Zanettini e às suas filhas Adriana e Luciana Zanettini o apoio e a colaboração à pesquisa, a entrevista concedida e o compartilhamento dos arquivos dos projetos. Agradecemos também ao professor e pesquisador Erick Vicente, professor do curso de Pós-graduação em Arquitetura Hospitalar do Ensino Einstein – Centro de Educação em Saúde Abram Szajman, por propiciar o contato com o escritório Zanettini Arquitetura.

Referências bibliográficas

ACOSTA, Ignacio; LESLIE, Russell P.; FIGUEIRÓ, Mariana G. **Analysis of circadian stimulus allowed by daylighting in hospital rooms**. Lighting Research & Technology, v. 49, n. 1, p. 49–61, fev. 2017. DOI: https://doi.org/10.1177/1477153515592948

BITENCOURT, Fábio; SACCOMORI, Danilo. **A ergonomia, a cidade e os ambientes interiores: reflexões sobre ambiências, espaço e saúde para o idoso**. Revista da arquitetura - cidadania e habitação, Brasília, v. 1, n. 1. p.12-20, 2021.

BRANDSTON, Howad M. **Aprender a ver: A essência do design de iluminação**. Tradução Paulo Sergio Scarazzato. 1ª ed., De Maio Comunicação e Editora, 2010.

APOLONGO, Stefano *et al*. **Social sustainability in healthcare facilities: a rating tool for analysing and improving social aspects in environments of care**. Annali dell'Istituto Superiore di Sanità, v. 52, n. 1, p. 15–23, 2016. DOI: https://doi.org/10.4415/ANN_16_01_06

COOPER-MARCUS, Clare e BARNES, Marni. **Gardens in healthcare facilities: Uses, therapeutic benefits, and design recommendations**. The Center for Health Design, Inc. 1995.

GARCIA, M. S.; SOUZA, R. V. G.; MARTINS, M. L.; VELOSO, A. C. O. **Integrando simulação de iluminação natural no processo de projeto: análise comparativa entre duas plataformas computacionais**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v.15, n. 2, p.69-83, 2020.

IPH, Instituto de Pesquisas Hospitalares Arquiteto Jarbas Karman. **O desenho de hospitais de Jarbas Karman**. Livro digital. Exposição realizada durante o VII Congresso Brasileiro para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar, entre os dias 28 e 30 de setembro de 2016 - Salvador - BA - Brasil. 1ª edição São Paulo Julho de 2017.

LAM, William M. **And lighting for architecture**. Library of Congress Cataloging in Publication Data. New York, 1977.

LIMA, João Filgueiras. **Arquitetura: uma experiência na área da saúde**. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2012.

LISBOA, Teresinha Covas. **História dos hospitais** / Teresinha Covas Lisboa; prefácio Erick Vicente — São Paulo: IPH, 2021. ISBN 978-85-93958-02-1

RIBEIRO, P. V. S.; SANTOS, D. M. L.; VASCONCELLOS, L. T. DE M.; CAVALCANTI, F. A. DE M. S.; CABÚS, R. C. Influência do peitoril de janelas na luz natural e visão de céu em enfermarias. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 11, p. e020009, 13 jul. 2020. DOI: https://doi.org/10.20396/parc.v11i0.8654728

ULRICH, R. S. Effects of interior design on wellness: Theory and recent scientific research. **Journal of Health Care Interior Design**, v. 3, 97-109, jan. 1991.

ULRICH, R; QUAN, X; ZIMRING, C.; JOSEPH, A.; CHOUDHARY, R. **The Role of the Physical Environment in the Hospital of the 21st Century**: A Once-in-a-Lifetime Opportunity. Concord, CA: The Center for Health Design. 2004

KO, W. H., Schiavon, S., Altomonte, S., Andersen, M., Batool, A., Browning, W., ... Wienold, J. (2022). **Window View Quality: Why It Matters and What We Should Do**. LEUKOS, 18(3), 259–267. https://doi.org/10.1080/15502724.2022.2055428

HESCHONG, Lisa. **Visual Delight in Architecture: daylight, vision, and view**. 1º ed, Abingdon, Oxon; New York: Routledge, 2021

ZANETTINI, Siegbert. **Siegbert Zanettini: Arquitetura, razão, sensibilidade** – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

Autores

Danielly Marcianny Silva Eulário Mestranda no Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade de São Paulo (FAU-USP). Pós-graduada em Arquitetura Hospitalar pelo Ensino Einstein – Centro de Educação em Saúde Abram Szajman. Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Instituto Politécnico de Bragança (IPB). Afiliada à ABDEH, Associação Brasileira para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar.

E-mail: danielly.eulario@usp.br

Paulo Sergio Scarazzato Professor associado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade de São Paulo (FAU-USP), escola na qual concluiu sua graduação em Arquitetura e Urbanismo, em 1979. Iniciou sua carreira acadêmica em 1981 e obteve os títulos de Mestre (1988), Doutor (1995), e Livre-docente (2018). Tem especial interesse por temas associados à iluminação (natural e elétrica) aplicada ao processo de projeto do espaço arquitetônico e seu ensino na formação do arquiteto. Como representante da FAU-USP, participa de comissões técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), da Commission Internationale de LÉclairage (CIE), e da Illuminating Engineering Society (IES), entidade da qual é membro desde 2010. Também é membro da Society of Light and Lighting (SLL) desde 2015. Em seu currículo não acadêmico, tem projetos autorais de arquitetura e de iluminação para distintas tipologias de edificação, em diferentes escalas (pequena, média e grande).

E-mail: pasezato@usp.br

Ludmila Cardoso Fagundes Mendes Mestra e doutoranda em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Bolsista CAPES com doutorado sanduíche em andamento na Universidade Politécnica de Gdansk (Polônia). Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído pela UFMG. Graduada Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Pesquisadora do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído (LABCON- UFMG). Afiliada à ABDEH, Associação Brasileira para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar.

E-mail: ludmilamendes@ufmg.br

Artigo

Percepção de gestores hospitalares sobre a incorporação de tecnologias emergentes e seus impactos na infraestrutura física dos hospitais de Santa Catarina

Autores
João Paulo Lucchetta Pompermaier Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Lizandra Garcia Lupi Vergara Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Patrícia Biasi Cavalcanti Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

DOI: 10.62558/2358-3630/23.01.05

Resumo

O avanço das inovações tecnológicas tem transformado os hospitais, mas muitas instituições ainda enfrentam dificuldades para adequar sua infraestrutura física, regulatória e organizacional. Este estudo investiga a percepção de gestores hospitalares de Santa Catarina sobre a incorporação de tecnologias emergentes e sua relação com a infraestrutura física. Realizou-se revisão de literatura e entrevistas semiestruturadas com gestores de hospitais públicos e privados, submetidas à análise de conteúdo segundo Bardin (2016). Os resultados evidenciaram desafios como edificações antigas, manutenção preventiva insuficiente, limitação de espaço, exigências regulatórias, TI inadequada, altos custos e escassez de profissionais com visão sistêmica. As áreas mais impactadas foram centro cirúrgico, imagem e diagnóstico, UTI, farmácia, emergência e administração. Como conclusão, evidencia-se que a adoção dessas tecnologias requer planejamento estratégico, reformas físicas, capacitação contínua e políticas públicas de modernização hospitalar.

Palavras-chave:

saúde 4.0; tecnologias emergentes; arquitetura hospitalar; infraestrutura hospitalar; gestão hospitalar.

Introdução

O crescente avanço das inovações tecnológicas tem impulsionado transformações significativas nos hospitais em um contexto global, impactando a gestão, a infraestrutura e a prestação dos cuidados de saúde (Marques; Ferreira, 2020; Raimo *et al*., 2023). A adoção de tecnologias digitais tem evoluído em um ritmo sem precedentes em todos os ecossistemas de saúde (Dal Mas *et al*., 2023) e, muitas vezes, a velocidade da inovação tecnológica supera a capacidade de resposta das instituições hospitalares. Além disso, de acordo com dados recentes, 65% das organizações de saúde aumentaram a adoção de tecnologias digitais após a pandemia da COVID-19 (Deloitte, 2020).

Esse processo é impulsionado também pela Saúde 4.0, conceito emergente derivado da Indústria 4.0, que tem evoluído consideravelmente na última década (Ahsan; Siddique, 2022). O principal objetivo consiste em aplicar os princípios da Indústria 4.0 aos sistemas de saúde, integrando tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), big data, robótica, computação em nuvem, telessaúde, entre outras (Gupta; Singh, 2022; Pompermaier *et al*., 2024; Tortorella *et al*., 2019). No entanto, para que os serviços de saúde incorporem esses princípios, eles precisam de diretrizes e de uma infraestrutura adequada (Chanchaichujit *et al*., 2019).

Estudos recentes têm buscado compreender os impactos dessas tecnologias emergentes sobre a infraestrutura física dos hospitais. Machry (2010) verificou que a realização de reformas em edificações hospitalares existentes é causada, principalmente, pela incorporação de inovações tecnológicas que alteram de maneira variada a configuração físico-espacial. Bause *et al*. (2019) apontam para a importância de redesenhar os processos hospitalares, enquanto Al-Jaroodi *et al*. (2022) destacam a importância do Plano Diretor Hospitalar para transformar e adaptar as soluções atuais de infraestrutura. Pompermaier (2024) analisou os impactos das tecnologias emergentes nas edificações hospitalares do Brasil, concluindo que esses impactos transcendem o espaço físico e se manifestam em mudanças na estrutura organizacional como um todo.

Incorporar tecnologias emergentes pode trazer inúmeros benefícios para a saúde, como: agilidade, serviços de alta qualidade, cuidados mais precisos e personalizados, maior confiabilidade, redução de custos, entre outros (Al-Jaroodi *et al*., 2020; Bause *et al*., 2019; Gupta; Singh, 2022). No entanto, também existem desafios associados à modernização tecnológica dos hospitais que envolvem barreiras técnicas e de infraestrutura, questões psicológicas e pessoais, preocupações com o aumento da jornada ou da carga de trabalho (Nascimento *et al*., 2023), interoperabilidade, resistência organizacional (Dal Mas *et al*., 2023), entre outros.

Apesar da crescente literatura sobre Saúde 4.0, há uma lacuna de investigação empírica sobre como gestores hospitalares brasileiros percebem e enfrentam os desafios de incorporação tecnológica em contextos de infraestrutura antiga e recursos limitados. Diante desse contexto de transformação, este estudo tem por objetivo investigar a percepção dos gestores de hospitais do estado de Santa Catarina sobre a incorporação de tecnologias emergentes, com foco na relação entre essas inovações e a infraestrutura física hospitalar.

Santa Catarina conta com uma rede hospitalar reconhecida no cenário nacional pela excelência em inovação e gestão na área da saúde, impulsionada nos últimos anos por iniciativas governamentais que buscam modernizar o parque tecnológico e promover a transformação digital do sistema público por meio de investimentos significativos em tecnologia e inovação (FAPESC, 2025; SES-SC, 2025). Esse contexto oferece um ambiente propício para a investigação empírica dos desafios de incorporação tecnológica em hospitais, com possibilidade de análise aprofundada de um sistema de saúde estadual em processo ativo de modernização. Além disso, a delimitação regional favorece uma abordagem aprofundada e contextualizada, possibilitando uma compreensão mais precisa dos desafios e oportunidades da Saúde 4.0 em um contexto regional específico e transferível.

O estado também se destaca por suas características socioeconômicas e de infraestrutura hospitalar, o que viabiliza uma avaliação mais realista da implementação dessas inovações. Ao focar esse recorte geográfico, a pesquisa busca fornecer informações que podem ser aplicadas tanto ao contexto local quanto a outras regiões com perfis similares, contribuindo para a formulação de estratégias mais eficazes na adoção de tecnologias emergentes na área da saúde.

Método

A pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada, com foco na geração de soluções práticas para problemas específicos a partir da coleta de dados em campo. Adota abordagem qualitativa e delineamento exploratório, visando aprofundar a compreensão do fenômeno investigado (Gil, 2023). O percurso metodológico foi estruturado em três etapas sequenciais: (1) revisão da literatura; (2) entrevistas semiestruturadas; e (3) análise dos dados coletados.

A revisão da literatura (Etapa 1) foi realizada por meio de uma pesquisa abrangente em artigos científicos, teses, dissertações e livros, tanto em âmbito nacional quanto internacional. O objetivo dessa etapa foi aprofundar o entendimento sobre a Saúde 4.0 e sua relação com a

infraestrutura física hospitalar, servindo de base para a construção do roteiro de entrevistas.

As entrevistas semiestruturadas (Etapa 2) foram realizadas com gestores hospitalares de instituições públicas e privadas do estado de Santa Catarina. Esse tipo de entrevista é conduzido com base em um roteiro previamente elaborado, mantendo, contudo, flexibilidade para que o pesquisador aprofunde, reformule ou explore os temas conforme o desenvolvimento da conversa. Essa característica confere maior liberdade na condução da entrevista e possibilita uma investigação mais ampla e detalhada das questões de interesse da pesquisa (Marconi; Lakatos, 2017).

A seleção dos participantes foi realizada por meio de amostragem não probabilística intencional, na qual os indivíduos foram escolhidos deliberadamente com base em critérios previamente definidos para a pesquisa (Creswell, 2009; Marconi; Lakatos, 2017). Os critérios de inclusão adotados foram: (i) ser gestor(a) hospitalar atuante em instituição pública ou privada de Santa Catarina; (ii) exercer função de direção, coordenação, gerência, superintendência ou cargo equivalente; (iii) aceitar participar voluntariamente e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Para a operacionalização dessa estratégia, foi realizado um mapeamento dos hospitais a partir do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES), com consultas específicas para o estado de Santa Catarina. Com base nesse levantamento, os hospitais foram contatados diretamente, e seus gestores foram convidados a participar voluntariamente do estudo.

As entrevistas foram realizadas com 12 gestores entre setembro e outubro de 2024, previamente agendadas com os participantes e conduzidas de forma remota, por videoconferência (plataforma Google Meet), com duração média de 45 minutos, seguindo o roteiro pré-definido (Quadro 1). Antes do início de cada entrevista, os participantes assinaram o TCLE, contendo informações sobre os procedimentos éticos e legais adotados, bem como sua concordância em participar da pesquisa. As entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas na íntegra, assegurando a fidedignidade das informações coletadas.

Parte I: Dados sociodemográficos	
01	Formação
02	Tempo de experiência profissional
03	Instituição (pública ou privada)
04	Cargo exercido
05	Tempo no cargo
Parte II: Dados específicos	
01	Quais são as principais barreiras que o seu hospital enfrenta na incorporação de tecnologias emergentes em termos de infraestrutura física?
02	Como as tecnologias emergentes têm impactado o ambiente físico do seu hospital?
03	Quais setores do hospital você considera que serão mais impactados pela adoção de tecnologias emergentes, e como isso influencia o planejamento arquitetônico?
04	Como você acredita que as tecnologias emergentes vão impactar a curto, médio e longo prazo no planejamento arquitetônico do hospital, e como o seu hospital tem se preparado?

Quadro 1 . Roteiro das entrevistas semiestruturadas. Fonte: Autores, 2024.

Segundo dados de dezembro de 2024 do Observatório de Política e Gestão Hospitalar (OPGH) da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), extraídos do CNES, Santa Catarina conta com 306 hospitais. Esses estabelecimentos se distribuem entre diferentes categorias (hospital-dia isolado, hospital especializado, hospital geral, policlínica/centro de especialidades, centros de parto normal e pronto-socorro/pronto-atendimento) e diferentes regimes jurídicos (privado com e sem fins lucrativos, público e de ensino). A amostra da pesquisa, composta por 12 gestores hospitalares, cada um representando uma instituição distinta, representa 3,92% do total de hospitais no estado. Embora esse percentual seja reduzido, a natureza qualitativa e exploratória do estudo não objetiva representatividade estatística, mas sim profundidade analítica (Creswell, 2009). Na pesquisa qualitativa, uma amostra de 12 participantes é frequentemente considerada suficiente para atingir a "saturação", ponto a partir do qual novas entrevistas não produzem informações substantivamente distintas das já obtidas (Boddy, 2016; Guest; Bunce; Johnson, 2006).

Por fim, para a análise dos dados obtidos (Etapa 3), utilizou-se a técnica de análise de conteúdo, conforme preconizado por Bardin (2016). Esse método permite organizar e interpretar as informações coletadas, transformando os dados brutos em categorias e padrões que evidenciam as principais características do conteúdo analisado.

A análise de conteúdo foi conduzida em três etapas principais: (i) pré-análise; (ii) exploração do material; e (iii) tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Na pré-análise, os dados foram organizados, transcritos e submetidos a uma leitura inicial, permitindo a familiarização com o material e a identificação de aspectos relevantes. Nessa fase, também foram definidos critérios e categorias preliminares que orientaram a análise posterior. Na etapa de exploração do material, as respostas foram codificadas e classificadas em unidades de análise, com base na identificação de padrões, recorrências e temas emergentes. Esse processo permitiu a estruturação das informações de maneira sistemática, facilitando a interpretação dos achados. Por fim, na etapa de tratamento dos resultados, inferência e interpretação, os dados organizados foram analisados criticamente à luz do referencial teórico adotado.

Resultados e discussões

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos por meio das entrevistas semiestruturadas realizadas com 12 gestores hospitalares de Santa Catarina, organizados em quatro eixos temáticos: (1) barreiras para a incorporação tecnológica; (2) impactos das tecnologias emergentes no ambiente físico hospitalar; (3) setores hospitalares mais impactados; e (4) perspectivas futuras. Os participantes estavam distribuídos em nove municípios (Araranguá, Blumenau, Chapecó, Florianópolis, Ibirama, Joaçaba, Joinville, Rio do Sul e São José), o que ampliou a diversidade do conjunto empírico e permitiu captar diferentes realidades institucionais e territoriais do estado. Essa abrangência geográfica contribuiu para enriquecer a análise, ao incorporar percepções provenientes de contextos distintos e, assim, oferecer um panorama mais plural e representativo do cenário investigado.

Quanto ao perfil dos participantes, observou-se que 58,3% atuam em instituições públicas, e 41,7%, em instituições privadas, o que permitiu contemplar diferentes modelos de gestão hospitalar. A formação profissional dos gestores foi diversificada, com predominância de enfermeiros(as), refletindo a forte inserção dessa categoria na gestão de serviços de saúde. O tempo de experiência profissional apresentou variação entre os participantes, contribuindo para a incorporação de diferentes níveis de vivência e maturidade na análise das questões investigadas. A Figura 1 apresenta um infográfico com a distribuição geográfica e os dados sociodemográficos da amostra, destacando suas principais características.

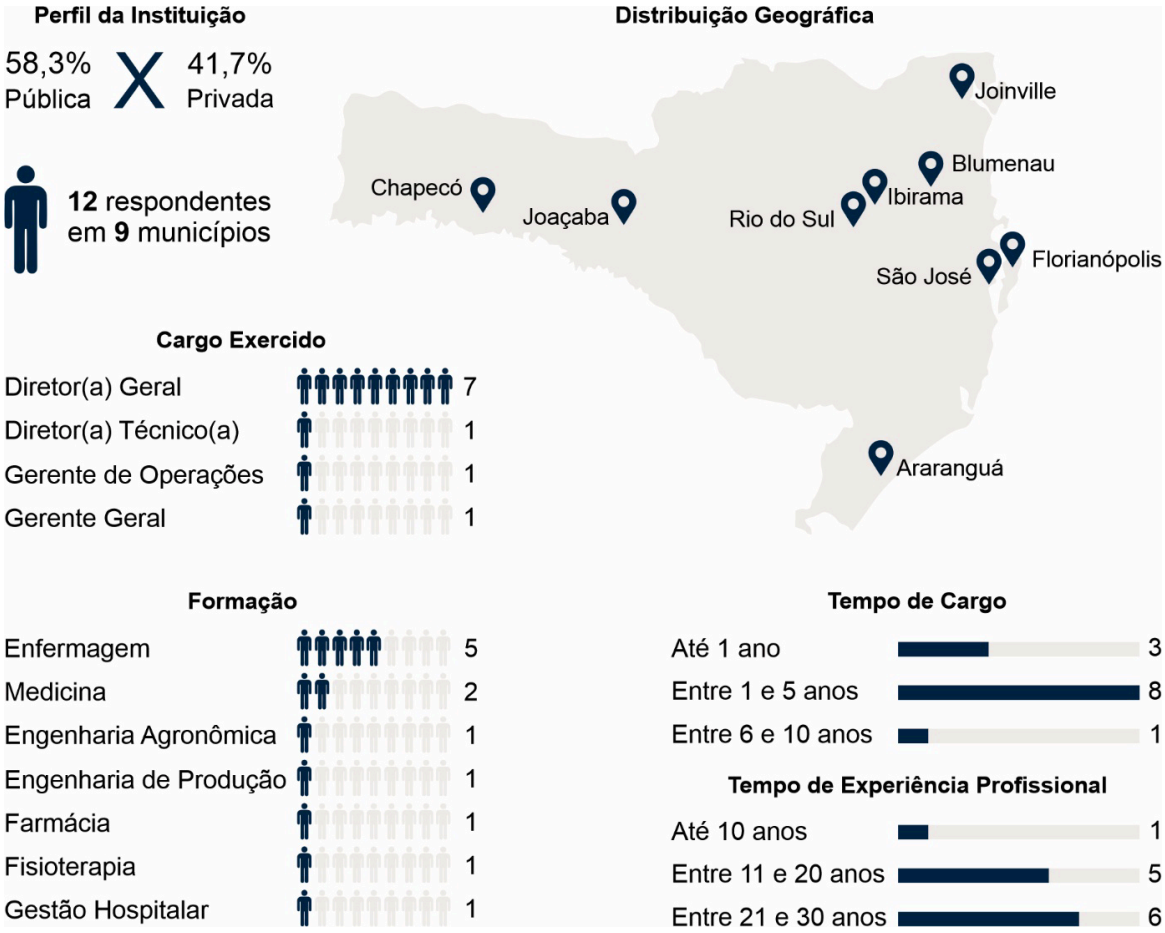


Figura 1 . Infográfico sociodemográfico dos participantes. Fonte: Autores, 2025.

Barreiras para a incorporação tecnológica

Primeiramente, os participantes foram questionados sobre as principais barreiras que o hospital enfrenta para a incorporação de tecnologias emergentes em termos de infraestrutura física. Evidenciou-se uma convergência nas respostas, mas também nuances importantes, sintetizadas no Quadro 2.

Barreira	Descrição	Respondente
Infraestrutura antiga e falta de manutenção preventiva	Edificações hospitalares antigas, muitas sem reformas significativas há décadas, dificultam a adaptação para novas tecnologias. A ausência de manutenção preventiva agrava os problemas estruturais, resultando em intervenções essencialmente corretivas e dispendiosas.	E1, E2, E4, E7, E9, E10, E11
Espaço físico limitado	O crescimento da demanda hospitalar superou a capacidade física das edificações, limitando a instalação de novos equipamentos e tecnologias.	E4, E7
Dificuldade com padrões regulatórios	Crescimento dos hospitais resultou em estruturas que não atendem às normativas atuais, exigindo reformas para adequação.	E8
Problemas na infraestrutura de TI	Hospitais não foram projetados para suportar redes modernas, comprometendo a implementação de tecnologias.	E6, E10, E11
Alto custo de incorporação	Os investimentos necessários para a incorporação são elevados, e muitos hospitais não possuem orçamento suficiente para tais melhorias.	E5, E6, E8, E9, E12
Falta de profissionais com visão sistêmica dos processos hospitalares	A ausência de profissionais qualificados para planejar e gerenciar a implementação de novas tecnologias dificulta a modernização hospitalar. Agrava-se pela rotatividade de contratos temporários, que interrompe a curva de aprendizado.	E3, E4

Quadro 2 . Barreiras para a incorporação de tecnologias emergentes nos hospitais. Fonte: Autores, 2025.

Conforme evidenciado, a adoção de tecnologias emergentes nos hospitais estudados enfrenta desafios estruturais, regulatórios e financeiros.
A infraestrutura antiga representa um dos maiores entraves, pois edificações projetadas há décadas não contemplavam as necessidades atuais de modernização tecnológica, o que foi evidenciado em 7 dos 12 hospitais. A amplitude das idades das edificações na amostra é, por si só, reveladora: os relatos variam de estruturas com 30 anos, como a de E7, a 45 anos, mencionada por E4, passando por uma edificação centenária de 115 anos, citada por E6, até chegar ao caso de E9, que descreve um hospital com 164 anos de existência, casos que apontam para contextos muito distintos de desafios arquitetônicos, os quais não podem ser tratados de forma homogênea pelo planejamento em saúde. Além disso, a limitação de espaço físico agrava a situação. E4, por exemplo, menciona que, devido à falta de áreas disponíveis para expansão, a solução ideal seria a construção de novas unidades.

Entretanto, observa-se que, na prática, a estratégia mais recorrente da gestão pública de saúde tem sido a realização de reformas e ampliações em unidades já existentes para acomodar a crescente demanda de atendimento, em vez da construção de novos hospitais. Essa opção, embora necessária em determinados contextos, muitas vezes compromete a qualidade arquitetônica original, gera sobrecarga nos espaços e não resolve de forma estrutural as demandas de modernização da infraestrutura física. Tal movimento contrasta ainda com a tendência global de descentralização da saúde, na qual se prioriza o planejamento de estabelecimentos menores e mais próximos da comunidade a ser atendida (Mahmood *et al*., 2024; Nunes; Ferreira, 2022).

Outro fator limitador é a necessidade de adequação regulatória. Normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e das vigilâncias sanitárias estaduais e municipais exigem adaptações específicas nas estruturas hospitalares para garantir a segurança e a qualidade dos serviços prestados. E8 relata que, no caso de seu hospital, inaugurado em 1979, o crescimento ao longo das décadas ocorreu de forma pouco planejada, sem considerar adequadamente as exigências normativas. Atualmente, contudo, a instituição conta com uma arquiteta contratada para planejar novas expansões e serviços já em conformidade com os padrões da vigilância sanitária, o que evidencia tanto a complexidade do processo de modernização quanto a necessidade de um planejamento técnico mais rigoroso.

A infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) é outra barreira significativa. Muitos hospitais não possuem cabeamento adequado ou capacidade para suportar redes de alta performance, o que inviabiliza a implementação de sistemas de monitoramento remoto, prontuários eletrônicos e automação de processos. Entretanto, também há exemplos positivos, como menciona E6, que recentemente superou essa limitação e implementou a checagem beira-leito de administração de medicamentos, demonstrando que a modernização é viável com investimentos direcionados. O caso mais grave identificado na pesquisa, porém, é o de E11, que relata a perda completa dos registros de prontuário eletrônico acumulados de 2018 a 2021, em função de um apagão ocorrido em 2021. O colapso foi atribuído ao uso contínuo de um *data center* instalado em 2008, que deveria ter sido substituído a cada cinco anos. À época da pesquisa, o equipamento ainda não havia sido trocado, ilustrando como a fragilidade da infraestrutura de TI pode ter consequências irreversíveis para a continuidade do cuidado e para a segurança do paciente.

O alto custo para aquisição e incorporação de novas tecnologias é uma barreira transversal a todos os desafios anteriores. Hospitais que desejam incorporar equipamentos de ponta, como robôs cirúrgicos ou sistemas inteligentes de gestão hospitalar, frequentemente esbarram na falta de recursos financeiros, o que é ainda mais evidente nos hospitais públicos (E5, E8, E12). E8 destaca explicitamente que, em sua instituição, a

barreira primária é financeira, e não física: “a maior dificuldade mesmo é financeira... a implantação dessas tecnologias acaba sendo limitada muito mais para a questão de repasse financeiro do que propriamente uma limitação da infraestrutura física”. Esse posicionamento é relevante pois revela que, mesmo onde a infraestrutura física é favorável (E8 descreve um hospital horizontal com boa capacidade instalada), a ausência de previsão orçamentária para investimento constitui o principal obstáculo. Esse cenário reforça a necessidade de políticas públicas e incentivos para facilitar a modernização tecnológica na área da saúde.

Por fim, a falta de profissionais com visão sistêmica dos processos hospitalares compromete a eficácia da implementação de novas tecnologias. A gestão hospitalar moderna exige uma abordagem integrada, combinando conhecimento técnico com planejamento estratégico para otimizar os investimentos em inovação. E3 destaca essa lacuna, ressaltando a necessidade de capacitação de profissionais para liderar processos de transformação digital na saúde. Do mesmo modo, E4 relatou a dificuldade de manter profissionais treinados devido à rotatividade de contratos, comprometendo a curva de aprendizado necessária para o uso eficiente das tecnologias. Esses achados estão alinhados com Dal Mas *et al*. (2023), que identificam a resistência organizacional e a falta de competências digitais como barreiras centrais à transformação digital na área da saúde, bem como com Fogaça (2025), que ressalta a alta rotatividade e os afastamentos de profissionais de saúde, além da importância da retenção de talentos. Nesse sentido, a retenção configura-se como uma estratégia fundamental para garantir a continuidade dos processos, consolidar o aprendizado institucional e favorecer a incorporação sustentável das tecnologias nos serviços de saúde.

Impactos das tecnologias emergentes no ambiente físico hospitalar

Na sequência, os entrevistados foram questionados sobre a forma como as tecnologias emergentes têm impactado o ambiente físico do hospital. A partir das respostas coletadas foi possível identificar padrões comuns entre os hospitais.

Vários hospitais mencionaram a necessidade de adaptações estruturais para acomodar novas tecnologias. E6, por exemplo, destacou que o plano diretor atual já prevê adequações para receber tecnologias de ponta, enquanto E7 ressaltou a necessidade de redimensionamento físico para equipamentos como os de ressonância magnética e *bunkers* de radioterapia.

Em termos de integração tecnológica, os hospitais enfrentam desafios para atualizar suas instalações. E9 mencionou dificuldades na implementação de redes *Wi-Fi* devido à estrutura antiga, exigindo

investimentos muito elevados. E10 também destacou que, pela falta de preparo do edifício para receber cabeamento estruturado, foi necessário instalar sistemas externos e simplificados, com fios aparentes em diversos setores. Essa solução, embora funcional, compromete a limpeza e pode impactar a segurança dos pacientes, aumentando o risco de infecções hospitalares, além de evidenciar as limitações de edificações não projetadas para as demandas atuais de tecnologia. Por outro lado, E8 destacou que a arquitetura horizontal de seu hospital favorece a incorporação de novas tecnologias, facilitando ajustes na infraestrutura elétrica e de rede.

A aquisição de equipamentos modernos tem impactado diretamente os processos hospitalares. E2 citou a implantação de um arco cirúrgico de R$ 500 mil e a introdução de ultrassons portáteis que permitem exames à beira do leito. A evolução das tecnologias de imagem foi destacada como uma das áreas de maior crescimento, corroborando os achados de Topol (2019) sobre a centralidade da imagiologia no processo de digitalização hospitalar.

A modernização tem levado também a um redesenho dos processos hospitalares, como citado por E3. O uso de sistemas digitais para checagem de medicação foi um diferencial, segundo E9, pois envolve recursos como prescrição eletrônica, prontuário eletrônico do paciente e checagem beira-leito. E6 descreve implementação equivalente em que o profissional realiza a leitura do código de barras da pulseira do paciente antes de administrar qualquer medicamento, automatizando tanto a checagem quanto o movimento de estoque. Essas ferramentas permitem automatizar prescrições, reduzir erros de administração, otimizar os estoques de medicamentos e aumentar a segurança assistencial.

Algumas limitações no acesso a tecnologias emergentes foram relatadas por entrevistados, como no caso de E5, que mencionou não dispor desses recursos em sua instituição. Além disso, E10 destacou que a lentidão nos processos de licitação representa um entrave para a implementação de inovações, evidenciando desafios administrativos que podem impactar a modernização, independentemente do porte ou do modelo de gestão do hospital.

Setores hospitalares mais impactados

Para compreender com mais profundidade os impactos da incorporação de tecnologias emergentes, os participantes foram questionados sobre quais setores hospitalares eles consideram os mais impactados, bem como a influência desse processo no planejamento arquitetônico hospitalar. O Quadro 3 apresenta uma síntese dos setores mais recorrentes e suas principais considerações.

Setor	Influência no planejamento arquitetônico	Respondente
Centro Cirúrgico	Necessidade de adequação das salas para novos equipamentos de alta tecnologia (robótica, inteligência artificial, entre outros). A heterogeneidade de tamanhos e *layouts* das salas cirúrgicas existentes é um obstáculo concreto.	E2, E6, E7, E10
Central de Material Esterilizado (CME)	Necessidade de adequação das salas para novos equipamentos de alta tecnologia e fluxos mais eficientes na esterilização.	E1
Imagem e Diagnóstico	Necessidade de salas amplas e infraestrutura para suportar equipamentos avançados, como aparelhos de ressonância magnética, tomografia computadorizada, sistemas de monitoramento contínuo e conectividade digital para prontuário eletrônico, telemedicina e integração de dispositivos inteligentes.	E2, E7, E9
Farmácia	Necessidade de sistemas automatizados para controle de estoque e espaços adaptáveis a tecnologias de rastreamento, como etiquetas RFID, códigos de barras e sensores de localização de equipamentos e materiais hospitalares.	E4, E12
Unidade de Terapia Intensiva (UTI)	Exigência de infraestrutura moderna para suportar tecnologias de monitoramento e assistência digital ao paciente.	E4, E10
Emergência e Pronto-Socorro	Adaptação dos fluxos de atendimento e integração com sistemas de triagem digital.	E8
Administração	Necessidade de espaços para centrais de monitoramento e modernização da infraestrutura para suportar a digitalização dos processos.	E5, E11
Internação	Necessidade de quartos mais inteligentes e automatizados para melhorar a experiência do paciente.	E6
Oncologia e Tratamentos Especializados	Setores dedicados ao tratamento oncológico demandam infraestrutura especializada, incluindo salas de radioterapia com *bunkers* de proteção radiológica, equipamentos de PET-CT para estadiamento de cânceres e, em perspectiva, unidades para realização de terapia CAR-T, uma modalidade inovadora de imunoterapia que consiste na modificação genética de linfócitos T para tratamento de tumores específicos, ainda incipiente no Brasil.	E7, E9, E12

Quadro 3 . Setores hospitalares mais impactados pelas tecnologias emergentes e a influência no planejamento arquitetônico. Fonte: Autores, 2025.

Os resultados da análise revelam que a adoção de tecnologias emergentes tem um impacto significativo em diversos setores hospitalares, com destaque para centro cirúrgico, imagem e diagnóstico, UTI, farmácia e emergência. A modernização desses espaços exige infraestrutura adequada para suportar equipamentos avançados, como robótica cirúrgica, monitoramento por inteligência artificial e sistemas de rastreamento digital de insumos. Além disso, a digitalização da gestão hospitalar e a implementação de telemedicina exigem a criação de espaços específicos para centrais de monitoramento e otimização dos fluxos operacionais. Dois achados merecem destaque especial: (a) a emergência do setor oncológico como área de crescente pressão tecnológica e infraestrutural – E7 descreve uma "demanda oncológica assustadora" decorrente de mudanças no perfil epidemiológico regional, que impulsiona a necessidade urgente de *bunkers* de radioterapia e equipamentos de alta complexidade; e (b) o surgimento de tecnologias de ponta ainda incipientes no Brasil, como a terapia CAR-T, mencionada por E12 como projeto futuro da instituição, indicando que a fronteira de incorporação tecnológica nos hospitais estudados vai além das tecnologias convencionais de Saúde 4.0 discutidas na literatura.

No planejamento arquitetônico, esses avanços exigem uma abordagem mais flexível e adaptável, garantindo que os espaços hospitalares possam evoluir com as novas demandas tecnológicas. A necessidade de ampliação de salas, reconfiguração de fluxos internos e integração de sistemas inteligentes são aspectos fundamentais para a eficiência e a qualidade no atendimento. Assim, as transformações tecnológicas não apenas impactam a eficiência clínica, mas também remodelam a organização espacial dos hospitais. Esse achado reforça o argumento de Al-Jaroodi *et al*. (2022), de que o Plano Diretor Hospitalar deve incorporar uma visão de longo prazo sobre as demandas tecnológicas futuras.

Perspectivas futuras

Por fim, os entrevistados também foram questionados sobre as perspectivas futuras. Os participantes avaliaram como as tecnologias emergentes deverão impactar o planejamento arquitetônico hospitalar no curto, no médio e no longo prazo. As respostas convergiram para um conjunto de tendências e condicionantes inter-relacionadas, mas revelaram também um contraste marcante entre as instituições com planejamento estratégico estruturado e aquelas que operam em modo predominantemente reativo, diferença que não é meramente de capacidade financeira, mas também de governança organizacional.

Em termos gerais, as tecnologias emergentes são percebidas como transformadoras da operação hospitalar, com potencial para acelerar diagnósticos, otimizar fluxos assistenciais e aumentar a segurança do cuidado. E3, por exemplo, destacou que as principais mudanças

deverão ocorrer nos setores de imagem e diagnóstico, apontando para equipamentos mais precisos e para a possibilidade de conectividade via dispositivos móveis que tornem os laudos e as devolutivas mais ágeis. Contudo, E4 evidenciou uma limitação concreta à efetividade dessa transformação digital: a falta de integração entre sistemas de saúde municipais e estaduais, de modo que, apesar do monitoramento de dados internos, muitas instituições ainda não têm acesso a informações de pacientes atendidos em Unidades de Pronto Atendimento (UPAs) ou Unidades Básicas de Saúde (UBS), o que reduz a continuidade do cuidado e o valor agregado pela digitalização. E4 acrescenta que os sistemas vigentes são frequentemente fragmentados e de navegação complexa, evidenciando que a transformação digital hospitalar não se resume à existência de sistemas digitais, mas exige também que esses sistemas sejam integrados, intuitivos e interoperáveis com as demais redes de saúde.

Paralelamente, os entrevistados identificaram que a modernização implica não apenas a incorporação tecnológica, mas também mudanças físicas no edifício hospitalar. Diversas instituições relataram a necessidade de reformas ou ampliações para acomodar novas tecnologias, desde a readequação de áreas de imagem até a criação de unidades especializadas. E2 mencionou que seu plano diretor prevê ampliações, como a modernização do pronto-socorro e a criação de uma nova UTI neonatal, exemplificando planos documentados que, contudo, esbarram nas limitações da estrutura física existente. E7 salientou a necessidade de manutenção e modernização da edificação e planeja a construção de um novo edifício ao longo da próxima década, evidenciando que, para alguns hospitais, a solução de médio prazo passa por novas construções, enquanto outros ainda dependem de reformas internas. O caso mais ambicioso identificado na pesquisa é o de E9, que descreve a construção de uma torre de 10 pavimentos, projetada com foco em tecnologias de ponta (robótica, transporte pneumático e monitoramento em tempo real). A iniciativa representa uma estratégia de longo prazo que se destaca pelo volume de planejamento e pelo grau de ambição tecnológica, contrastando com a realidade da maioria das instituições da amostra.

É importante ressaltar que a padronização dos ambientes surge como condição facilitadora para a incorporação de tecnologias de ponta. Conforme apontado por E6, que observou que a existência de nove salas cirúrgicas com tamanhos e layouts distintos dificulta a adoção de equipamentos, como cirurgia robótica, e impede a otimização de fluxos e custos operacionais. E6 projeta que a padronização dos ambientes cirúrgicos, além de viabilizar a cirurgia robótica em múltiplas salas, trará “redução de custo absurda” pelo ganho de escala nos processos, argumento que articula diretamente arquitetura, eficiência operacional e sustentabilidade econômica da incorporação tecnológica.

A digitalização, embora em curso, manifesta-se com graus diversos de maturidade entre os hospitais estudados. Alguns já dispõem de sistemas de monitoramento avançados e iniciativas organizadas para governança da inovação. Outros, no entanto, enfrentam dificuldades para integrar plataformas heterogêneas e garantir interoperabilidade. E11 chamou a atenção para o fato de que a velocidade de evolução tecnológica foi muito superior à capacidade de alguns hospitais de acompanhar tais mudanças, resultando em processos reativos em vez de proativos, o que reforça a necessidade de políticas institucionais claras para orientar a adoção de novas tecnologias. E10 endossa esse diagnóstico ao afirmar que "as tecnologias vieram de maneira muito rápida e a gente não acompanhou na mesma velocidade", e acrescenta que a ausência de uma política institucional clara de incorporação tecnológica faz com que as aquisições ocorram por demanda, e não por planejamento.

O contraste entre os modos de gestão da inovação é um dos achados mais relevantes do estudo. Enquanto E8 descreve a criação de uma Comissão de Inovação estruturada para avaliar e planejar a incorporação de novas tecnologias, e E12 relata a contratação de empresa externa para conduzir planejamento estratégico em três horizontes temporais (curto, médio e longo prazo), E11 descreve uma realidade oposta: "a gente funciona apagando incêndio diariamente", sem conseguir elaborar planejamento de médio ou longo prazo, pois os recursos financeiros são insuficientes até para cobrir demandas operacionais básicas. Essa assimetria entre instituições revela que a maturidade em governança da inovação não é determinada apenas pelo porte ou perfil jurídico do hospital, mas, sobretudo, pela estabilidade e suficiência do financiamento recebido.

Um aspecto recorrente nas falas foi a centralidade do financiamento e da governança na viabilidade das transformações prospectadas. A maioria dos hospitais apontou dificuldades financeiras que limitam tanto a modernização da infraestrutura quanto a implementação de sistemas digitais integrados. Hospitais públicos, em especial, relataram dependência de repasses e contratos de gestão cujos valores nem sempre cobrem as demandas operacionais e de investimento; E10 exemplificou essa condição ao afirmar que a unidade "trabalha constantemente no vermelho". Por outro lado, E5 declarou não dispor de preparação alguma para implementar tecnologias emergentes, reforçando que a ausência de planejamento financeiro e estratégico é um entrave concreto ao avanço. Esses depoimentos indicam que, para além das decisões projetuais, a incorporação de inovações requer políticas públicas mais robustas, mecanismos de financiamento diversificados e parcerias público-privadas que possam viabilizar intervenções estruturais e assegurar a continuidade dos investimentos em tecnologia.

As estratégias adotadas por algumas instituições apontam caminhos para mitigar os entraves identificados: além da já mencionada Comissão de Inovação, apontada por E8, práticas como a padronização de ambientes cirúrgicos (E6), o plano diretor que contempla expansões estratégicas (E2) e a adaptação de serviços às expectativas das novas gerações de pacientes (E9) demonstram que medidas organizacionais e projetuais podem favorecer transições mais ordenadas. E9 aponta, nesse sentido, uma tendência ainda pouco explorada na literatura nacional: a necessidade de adaptar o produto hospitalar ao perfil tecnológico das gerações mais jovens de pacientes, que chegam ao sistema de saúde com expectativas de experiência digital que os hospitais hoje não estão preparados para atender, tanto em termos de interface quanto de processos assistenciais mediados por tecnologia.

Por fim, a Figura 2 sintetiza, em camadas concêntricas, a relação de interdependência entre as tecnologias emergentes (camada interna), os requisitos físicos e processuais necessários para sua incorporação (camada intermédia) e os condicionantes externos que viabilizam ou limitam esse processo (camada externa).

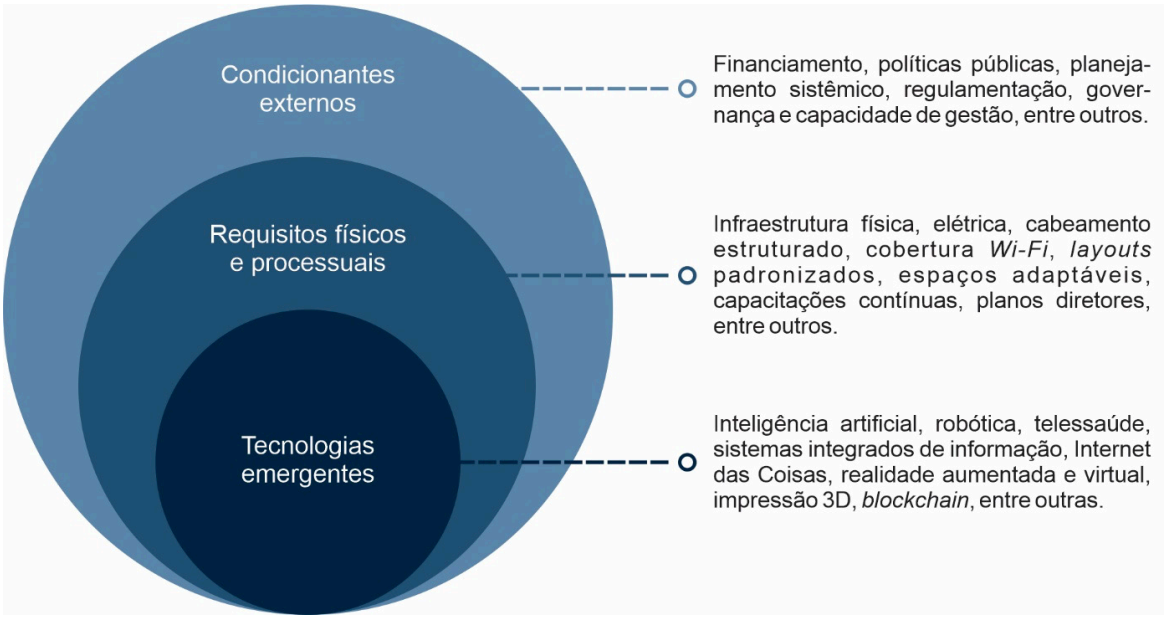


Figura 2 . Diagrama conceitual. Fonte: Autores, 2025.

O diagrama traduz a evidência central do estudo: avanços em tecnologias emergentes só se materializam quando suportados por infraestrutura adequada (salas padronizadas, cabeamento, redes, áreas de imagem), por processos institucionais (planos diretores, comissões de inovação, padronização) e por condicionantes macro ligadas à gestão e ao planejamento da rede de saúde (financiamento, políticas públicas e governança).

Os achados também permitem afirmar que a incorporação tecnológica hospitalar, quando vista da perspectiva dos gestores, é um fenômeno multicamadas: não se resume à disponibilidade do equipamento ou do sistema, mas envolve a adequação física do espaço (dimensões, materiais construtivos, instalações elétricas e de rede), a readequação dos processos operacionais, a capacitação e retenção de profissionais, a sustentabilidade financeira do modelo de gestão e, em última instância, a existência de uma política pública que oriente e financie esse conjunto de transformações de forma coordenada e contínua.

O diagrama pretende não apenas resumir os achados, mas também destacar que a transição para um modelo hospitalar mais tecnológico exige ações coordenadas em múltiplos níveis e depende simultaneamente de investimentos, planejamento arquitetônico consciente, governança institucional e políticas públicas articuladas.

Considerações finais

Este estudo investigou a incorporação de tecnologias emergentes no contexto da Saúde 4.0 nos hospitais do estado de Santa Catarina, com foco na relação entre essas inovações e a infraestrutura física dos hospitais. A partir da análise dos dados coletados, conclui-se que a incorporação de tecnologias emergentes nos hospitais enfrenta desafios multifacetados, envolvendo infraestrutura inadequada, limitações financeiras e a necessidade de políticas públicas mais abrangentes que assegurem a qualidade da saúde e orientem o planejamento estratégico da rede hospitalar. A superação dessas barreiras exige reformas estruturais, capacitação e atualização contínua dos gestores, além de políticas de fomento à modernização e incorporação tecnológica na área hospitalar.

Os achados deste estudo mostram que a incorporação tecnológica na rede hospitalar estadual é heterogênea. Uma parcela reduzida de instituições já implementou tecnologias avançadas e planeja incorporações mais ambiciosas. Contudo, a maioria das instituições enfrenta limitações estruturais e financeiras significativas, o que restringe a adoção generalizada de tecnologias de ponta. Além disso, as falas dos gestores revelam uma distinção perceptível entre setores: hospitais públicos tendem a reportar maior dependência de repasses, entraves em processos de compra e restrições orçamentárias; instituições privadas, embora também enfrentem desafios, frequentemente possuem maior capacidade de investimento e agilidade para incorporar inovações. Essa diferenciação, porém, não é absoluta. Há variação interna em ambos os setores.

Os hospitais, tanto públicos como privados, que já investiram na modernização de sua infraestrutura de TI demonstram que é possível superar essas dificuldades, desde que haja direcionamento adequado de recursos e esforços. Dessa forma, a adoção de tecnologias emergentes pode contribuir significativamente para a eficiência e a qualidade dos serviços de saúde no Brasil.

Diante desse cenário, fica evidente que a transformação hospitalar não é apenas uma questão de modernização tecnológica, mas de reestruturação profunda dos processos hospitalares, da gestão financeira e da cultura organizacional. Como evidenciam os relatos dos gestores, a ausência de financiamento adequado não gera apenas restrição à aquisição de equipamentos: ela produz efeitos sistêmicos sobre a capacidade de planejamento, a motivação das equipes de gestão e a segurança do paciente. Essa cadeia de consequências reforça que a modernização tecnológica hospitalar não pode ser tratada como política setorial isolada, mas deve integrar agendas mais amplas de financiamento, regulação e governança do sistema de saúde. A construção de um ambiente hospitalar mais tecnológico exige um esforço conjunto de gestores, profissionais da saúde e formuladores de políticas públicas, garantindo que as inovações beneficiem, de fato, a qualidade do atendimento e a experiência do paciente.

Embora o estudo esteja delimitado ao estado de Santa Catarina, os desafios identificados, **infraestrutura antiga, restrições financeiras, lacunas regulatórias e escassez de profissionais qualificados**, são compartilhados por outras regiões brasileiras com perfil socioeconômico similar, conferindo relevância mais ampla aos achados. Pesquisas futuras poderiam ampliar o escopo geográfico, incluir análises comparativas entre estados e adotar uma abordagem mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos. Essa estratégia permitiria, de um lado, aprofundar a compreensão contextual das experiências e percepções dos atores envolvidos e, de outro, mensurar com maior precisão indicadores de maturidade digital, possibilitando maior robustez analítica e ampliando o potencial de generalização dos resultados.

Referências

AHSAN, M. M.; SIDDIQUE, Z. Industry 4.0 in health care: a systematic review. **arXiv**, 2022. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.06999. Acesso em: 30 abr. 2026.

AL-JAROODI, J. *et al*. Healthcare 4.0 – managing a holistic transformation. In: IEEE INTERNATIONAL SYSTEMS CONFERENCE (SYSCON 2022), 2022. **Proceedings [...]**. IEEE, 2022. DOI: https://doi.org/10.1109/SysCon53536.2022.9773863. Acesso em: 30 abr. 2026.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BAUSE, M. *et al*. Design for Health 4.0: exploration of a new area. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN (ICED19), 22., 2019. **Proceedings [...]**. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. p. 887–896. DOI: https://doi.org/10.1017/dsi.2019.93. Acesso em: 30 abr. 2026.

BODDY, C. R. Sample size for qualitative research. **Qualitative Market Research: An International Journal**, v. 19, n. 4, p. 426–432, 2016. DOI: https://doi.org/10.1108/QMR-06-2016-0053. Acesso em: 30 abr. 2026.

CHANCHAICHUJIT, J. *et al*. An introduction to Healthcare 4.0. In: CHANCHAICHUJIT, J. *et al*. Healthcare 4.0: next generation processes with the latest technologies. Cham: Palgrave Pivot, 2019. cap. 1. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8114-0_1. Acesso em: 30 abr. 2026.

CRESWELL, J. W. **Research design**: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 3. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2009.

DAL MAS, F. *et al*. The challenges of digital transformation in healthcare: an interdisciplinary literature review, framework, and future research agenda. **Technovation**, v. 123, p. 102716, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102716. Acesso em: 30 abr. 2026.

DELOITTE Centre for Health Solutions. **Digital transformation**: shaping the future of European healthcare. 2020. Disponível em: https://www.deloitte.com/dk/en/Industries/government-public/research/shaping-the-future-of-european-healthcare.html. Acesso em: 30 abr. 2026.

FAPESC – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina. **Governo de Santa Catarina firma acordo inédito de R$ 40 milhões para transformar a saúde pública com tecnologia e inovação**. 6 jun. 2025. Disponível em: https://fapesc.sc.gov.br/governo-de-santa-catarina-firma-acordo-inedito-de-r-40-milhoes-para-transformar-a-saude-publica-com-tecnologia-e-inovacao/. Acesso em: 30 abr. 2026.

FOGAÇA, I. R. Ambientes de trabalho para profissionais da saúde: ergonomia, bem-estar e retenção de talentos. In: POMPERMAIER, J. P. L.; NUNES, T. F. B. (org.). **Temas emergentes em arquitetura e engenharias no contexto hospitalar**. Santa Maria: Arco Editores, 2025. DOI: https://doi.org/10.48209/978-65-5417-541-2. Acesso em: 30 abr. 2026.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

GUEST, G.; BUNCE, A.; JOHNSON, L. How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. **Field Methods**, v. 18, n. 1, p. 59–82, 2006. DOI: https://doi.org/10.1177/1525822X05279903. Acesso em: 30 abr. 2026.

GUPTA, A.; SINGH, A. Healthcare 4.0: recent advancements and futuristic research directions. **Wireless Personal Communications**, v. 129, p. 933–952, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11277-022-10164-8. Acesso em: 30 abr. 2026.

MACHRY, H. S. **O impacto dos avanços da tecnologia nas transformações arquitetônicas dos edifícios hospitalares**. 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. DOI: https://doi.org/10.11606/D.16.2010.tde-15062010-130613. Acesso em: 30 abr. 2026.

MAHMOOD, S. *et al*. Decentralization of the health system – experiences from Pakistan, Portugal and Brazil. **Health Research Policy and Systems**, v. 22, p. 61, 2024. DOI: https://doi.org/10.1186/s12961-024-01145-3. Acesso em: 30 abr. 2026.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARQUES, I. C. P.; FERREIRA, J. J. M. Digital transformation in the area of health: systematic review of 45 years of evolution. **Health and Technology**, v. 10, p. 575–586, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s12553-019-00402-8. Acesso em: 30 abr. 2026.

NASCIMENTO, I. J. B. *et al*. Barriers and facilitators to utilizing digital health technologies by healthcare professionals. **npj Digital Medicine**, v. 6, p. 161, 2023. DOI: https://doi.org/10.1038/s41746-023-00899-4. Acesso em: 30 abr. 2026.

NUNES, A. M.; FERREIRA, D. C. A critical analysis of decentralizing the Portuguese public healthcare provision services. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 20, p. 13390, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph192013390. Acesso em: 30 abr. 2026.

POMPERMAIER, J. P. L. **Arquitetura e Saúde 4.0: tecnologias emergentes nas edificações hospitalares do Brasil**. 2024. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/254480. Acesso em: 30 abr. 2026.

POMPERMAIER, J. P. L.; VERGARA, L. G. L.; CAVALCANTI, P. B. Processo de transformação da saúde e dos hospitais: um olhar para as revoluções industriais e os modelos de saúde. **Revista Ibero-Americana de Humanidades**, Ciências e Educação, v. 10, n. 10, p. 1099–1118, 2024. DOI: https://doi.org/10.51891/rease.v10i10.15956. Acesso em: 30 abr. 2026.

RAIMO, N. *et al*. The drivers of the digital transformation in the healthcare industry: an empirical analysis in Italian hospitals. **Technovation**, v. 121, p. 102558, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102558. Acesso em: 30 abr. 2026.

SES-SC – Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina. **Com investimento superior a R$ 2,8 milhões, Governo SC inicia modernização do parque tecnológico da rede hospitalar**. 6 jul. 2025. Disponível em: https://www.saude.sc.gov.br/index.php/pt/component/content/article/com-investimento-superior-a-r-2-8-milhoes-governo-sc-inicia-modernizacao-do-parque-tecnologico-da-rede-hospitalar?catid=84&Itemid=101. Acesso em: 30 abr. 2026.

TOPOL, E. J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. **Nature Medicine**, v. 25, n. 1, p. 44–56, 2019. DOI: https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7. Acesso em: 30 abr. 2026.

TORTORELLA, G. L. *et al*. Healthcare 4.0: trends, challenges and research directions. **Production Planning & Control**, v. 31, n. 15, p. 1245–1260, 2019. DOI: https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1702226. Acesso em: 30 abr. 2026.

Considerações éticas

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (CAAE 81424924.0.0000.0121), sendo aprovada sob o parecer n.º 7.157.381. Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concordando em participar de forma voluntária, anônima e confidencial.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Autores

João Paulo Lucchetta Pompermaier Doutorando no Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Pós-graduando em Inovação, Tecnologias Emergentes e Imersivas para Saúde Digital (UFG). Especialista em Neuroarquitetura (UNISUL), em Docência no Ensino Superior (UNICSUL) e em Design de Interiores. Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade Empresarial de Chapecó (FAEM/UCEFF). Membro do grupo de pesquisa GMETTA – Grupo Multidisciplinar de Ergonomia do Trabalho e Tecnologias Aplicadas (UFSC/CNPq) e do Grupo de Estudos em Arquitetura e Engenharia Hospitalar (GEA-hosp/UFBA).

E-mail: joaopaulopompermaier@gmail.com

Lizandra Garcia Lupi Vergara Arquiteta e urbanista e engenheira de Segurança do Trabalho. Doutorado e mestrado na área de Ergonomia pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e pós-doutorado pela University of Illinois at Urbana-Champaign, EUA. Professora titular da Engenharia de Produção da UFSC, atuando na graduação (DEPS) e nas pós-graduações da Engenharia de Produção (PPGEP) e Arquitetura e Urbanismo (PósARQ). É supervisora do Laboratório de Ergonomia (LABERGO) e do Laboratório de Tecnologia Assistiva e Ergonomia (LABTAE). Líder do grupo de pesquisa GMETTA – Grupo Multidisciplinar de Ergonomia do Trabalho e Tecnologias Aplicadas (UFSC/CNPq).

E-mail: l.vergara@ufsc.br

Patrícia Biasi Cavalcanti Doutora em Arquitetura pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura (PROARQ/FAU) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com estágio de doutorado (doutorado sanduíche) na California Polythecnic State University/CA/EUA. Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e mestrado em Arquitetura, mais especificamente na subárea de Tecnologia e Habitabilidade, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professora adjunta do Departamento de Design e Expressão Gráfica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

E-mail: patibiasi@yahoo.com

Artigo

Hospital de urgências de São Bernardo do Campo: contexto e projeto

Autores

Ângelo Bucci
Sérgio Luiz Salles Souza

Curadoria de imagens e diagramas: **Gabriela Pedini**

DOI: 10.62558/2358-3630/23.01.06

Resumo

O artigo é um estudo de caso sobre a intersecção entre arquitetura de alta complexidade e o diálogo e a resiliência urbana no projeto do Hospital de Urgências de São Bernardo do Campo (HUSBC), onde um equipamento de saúde de 20.600 m² opera como infraestrutura crítica, em um lote com severas restrições hidrológicas e alta densidade urbana, com uma metodologia baseada na análise do processo de codesign participativo e na validação técnica de estratégias bioclimáticas passivas. A adoção do partido de "hospital-dique" e a elevação dos sistemas vitais garantem a continuidade operacional em cenários de estresse ambiental. O rigor técnico-estrutural, aliado ao Design Baseado em Evidências (EBD), posiciona o HUSBC não apenas como um edifício clínico, mas como um dispositivo de ajuste urbano e dignidade social.

Palavras-chave:

arquitetura hospitalar; resiliência urbana; Design Baseado em Evidências; infraestrutura crítica; saúde pública.

1. Introdução – O desafio da alta complexidade em territórios vulneráveis

Um dos grandes desafios da arquitetura para a saúde pública contemporânea no Brasil é conciliar programas de alta densidade tecnológica com contextos urbanos, frequentemente marcados pela carência de infraestrutura e vulnerabilidade ambiental. O Hospital de Urgências de São Bernardo do Campo (HUSBC) situa-se no epicentro dessa discussão. Projetar um hospital de urgência e emergência — equipamento que, por definição, não admite interrupções — em um terreno estreito (185 m x 40 m), com histórico de inundações recorrentes e lençol freático raso, exige que o projeto transcenda a função médica para tornar-se uma "infraestrutura de resistência".

Este artigo tem o objetivo de demonstrar como a escolha do partido arquitetônico foi primordial para a resolução dos conflitos entre a demanda programática e as restrições do sítio. De acordo com o *Manual de Projetos e Obras Sustentáveis* de SBC, a resiliência urbana deve ser o pilar de intervenções públicas em áreas de risco. No HUSBC, essa diretriz materializou-se num conceito arquitetônico que pode ser denominado "hospital-dique", em que o próprio edifício atua como uma barreira técnica e logística.

Pela definição de Roger Ulrich (1984) em seus estudos seminais sobre o impacto do ambiente construído na recuperação de pacientes, a arquitetura pode mitigar o estresse de pacientes e acelerar processos clínicos de recuperação. Diferentemente de um memorial descritivo tradicional, esta análise fundamenta-se no **Design Baseado em Evidências (EBD)**. No contexto do HUSBC, o EBD é, portanto, uma estratégia de gestão.

> A integração da luz natural e a conexão visual com o exterior não são apenas elementos de conforto, mas componentes ativos na regulação do ciclo circadiano e na redução do *delirium* em ambientes críticos. (Adaptado do Memorial de Arquitetura - ARQ-PE-0020.)

O autor propõe uma imersão técnica sobre quatro eixos fundamentais: a metodologia de projeto participativo; as soluções de fluxos pautadas por protocolos de avaliação de risco, como o Protocolo de Manchester; o desempenho bioclimático validado por simulações (Relatório Mitsidi); e a tectônica do concreto protendido como intercolúnio de dez metros e lajes livres de vigas dando garantia de flexibilidade futura. Esta análise evidencia o quanto a arquitetura pública de excelência está alinhada com a resiliência operacional e a humanização do atendimento no Sistema Único de Saúde (SUS).

2. Metodologia – A práxis do codesign e a tomada de decisão baseada em evidências

A complexidade programática de um equipamento de urgência e emergência exige uma metodologia que transcenda a "prancheta" isolada e se estabeleça como um processo de diálogo. No desenvolvimento do HUSBC, adotou-se o codesign (projeto participativo), não apenas como uma ferramenta de escuta, mas como um mecanismo de validação técnica rigorosa. Conforme documentado no *Memorial do Projeto Executivo (PE-0010)*, o processo foi construído em ciclos semanais de colaboração multidisciplinar.

A abordagem encontrou eco na teoria de Sanders e Stappers (2008), que definem a cocriação como uma mudança de paradigma em que o usuário, neste caso, o corpo clínico e técnico, torna-se o especialista em sua própria experiência, enquanto o arquiteto, atua como o facilitador dessa sinergia espacial. A prática de "projeto como pesquisa" permite que o desenho antecipe falhas operacionais otimizando o fluxo de trabalho. Em suas reflexões sobre métodos de participação, Henry Sanoff (2000) aponta que a inclusão das partes interessadas nas fases iniciais do projeto reduz a resistência institucional e aumenta a eficácia funcional do edifício público.

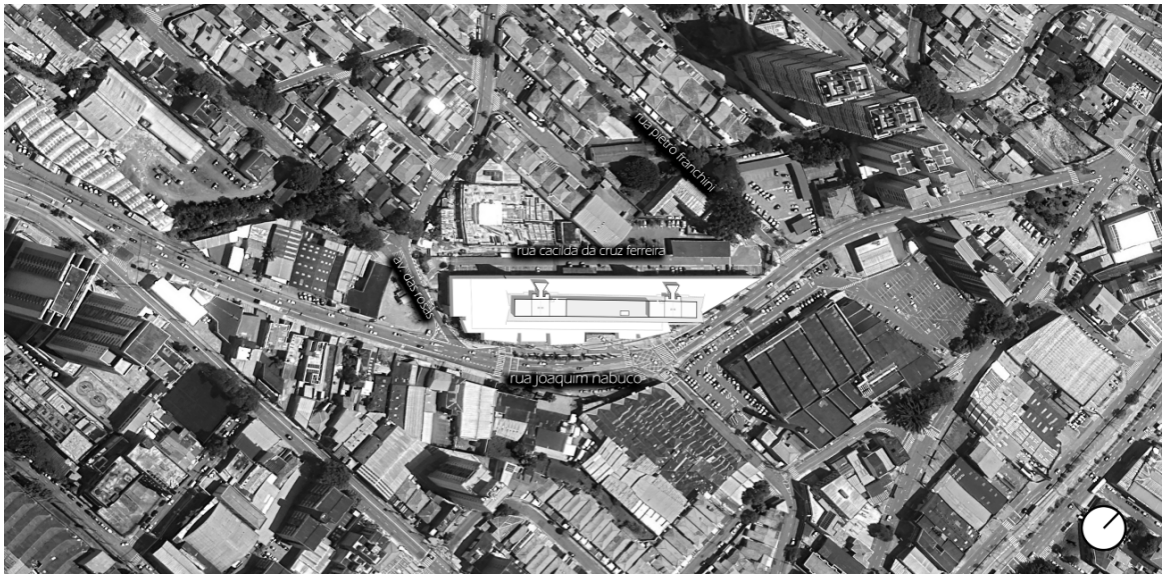
No HUSBC, essa dinâmica foi fundamental para a definição da espinha dorsal técnica e da logística de suprimentos. Cada especialidade (intensivistas, traumatologia, neurologia, pediatria) contribuiu com fluxogramas de atendimento que foram traduzidos em *layouts* espaciais, garantindo que o desenho não fosse apenas uma resposta formal, mas um "algoritmo de cuidado". O processo metodológico seguiu quatro etapas rigorosas:

1. **Imersão e diagnóstico** – Análise das demandas da rede de saúde local.
2. **Síntese e prototipagem de fluxos** – Criação de simulações espaciais baseadas no Protocolo de Manchester.
3. **Iteração técnica** – Reuniões sistemáticas de compatibilização multidisciplinar (estrutura e sistemas prediais).
4. **Validação final** – Homologação de modelos em escala pela Secretaria de Saúde.



3. O sítio – O "hospital-dique" como manifestação da urbanidade infraestrutural

O maior desafio do projeto foi a implantação do HUSBC em um lote de 185 metros por 40 metros, em solo hidromórfico e de baixa declividade. A resposta arquitetônica — o conceito de "hospital-dique" — não é meramente uma solução de engenharia, mas uma afirmação teórica sobre a arquitetura como infraestrutura urbana.



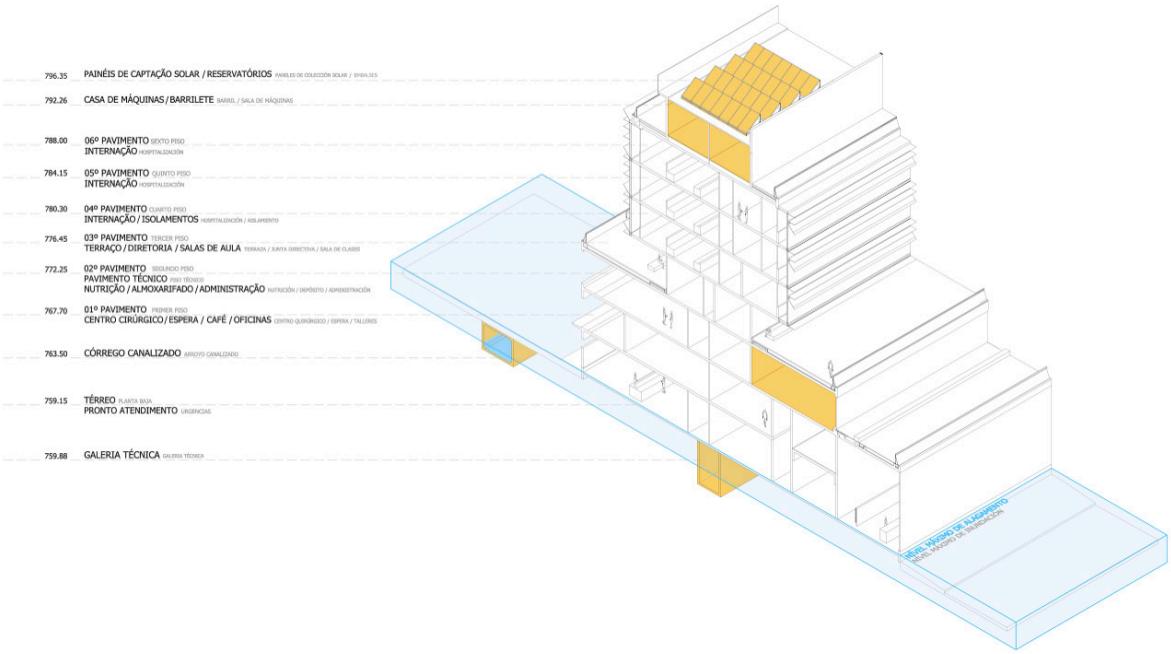
Essa abordagem dialoga com o conceito de infrastructural urbanism proposto por Stan Allen (1999), em que o edifício não é visto como um objeto isolado, mas como um sistema que organiza o território e gera fluxos ambientais. O HUSBC atua como um dispositivo de ajuste urbano que, em vez de negar a vulnerabilidade do terreno, a utiliza para definir seu partido tectônico. Alinhado ao *Manual de Projetos e Obras Sustentáveis de SBC*, o projeto elevou a cota do pavimento térreo acima da cota histórica de inundação, transformando o embasamento, que define o nível térreo, em uma barreira protetora ativa.





A decisão de locar as centrais de utilidades (*chillers*, geradores e gases) em pavimentos técnicos suspensos (segundo pavimento técnico) subverte a tipologia hospitalar tradicional, que historicamente enterra seu "coração técnico" em subsolos vulneráveis. Aqui, a arquitetura assume uma resiliência crítica, conforme discutido por Kenneth Frampton, em que a forma responde ao local por meio de uma "carpintaria" estrutural clara e funcional. Como destaca o Memorial Descritivo (ARQ-PE-0020):

> A elevação das máquinas para o corpo superior do edifício garante que, em caso de colapso do sistema de drenagem urbana, o hospital mantenha sua autonomia energética, operando como um refúgio de infraestrutura resiliente para a cidade.

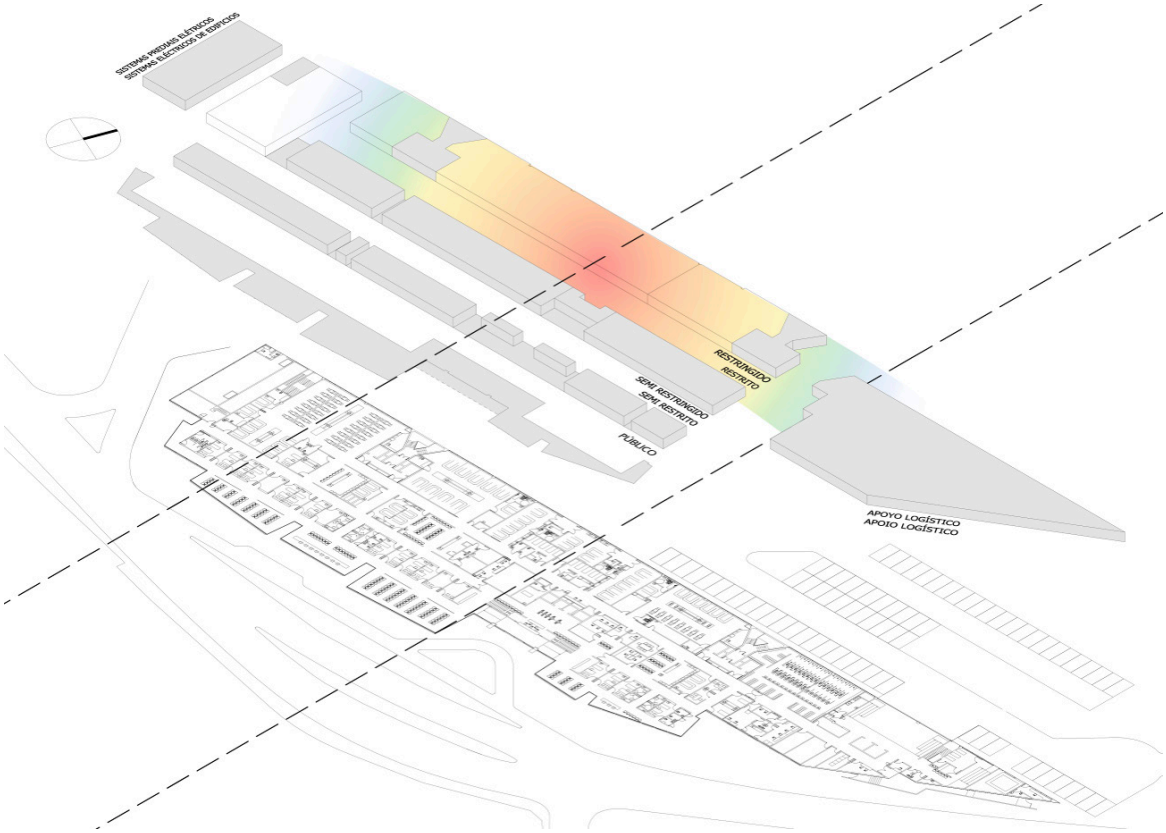


Essa resiliência é materializada pela estrutura de lajes planas em concreto protendido, que, sem vigas, confere ao hospital a liberdade plena de entreforro. Essa flexibilidade é o que permite ao edifício enfrentar o que Keller Easterling (2014) define como o "espaço de infraestrutura": um sistema em constante evolução que deve acomodar atualizações tecnológicas sem comprometer a continuidade do serviço público essencial.



4. A arquitetura como algoritmo de triagem – O Protocolo de Manchester

A organização espacial do HUSBC não é meramente funcionalista, mas a tradução física do **Protocolo de Manchester**, sistema de triagem que classifica o risco clínico em cores (vermelho, laranja, amarelo, verde e azul). No projeto, a arquitetura assume o papel de gestora de fluxos, minimizando cruzamentos e otimizando o tempo-resposta, fator crítico em uma unidade de urgência.



Diferente do modelo hospitalar de "corredor infinito", o partido adotado organiza os fluxos através de uma setorização clara no embasamento. O fluxo de emergência (vermelho e laranja)[1] possui acesso direto e segregado da recepção geral, permitindo que o paciente crítico atinja a sala de estabilização sem interferências[2]. Essa lógica amplamente discutida na literatura contemporânea de gestão hospitalar e denominada internacionalmente de *Fast Track* é materializada por uma espinha dorsal de circulação técnica que conecta verticalmente os pavimentos de diagnóstico e cirurgia.

A eficácia desse sistema reside na clareza das barreiras físicas e visuais. Conforme o *Manual de Conforto Ambiental*, a sinalização e a iluminação

atuam como dispositivos de orientação (mapa cognitivo ou *wayfinding*), reduzindo a ansiedade do usuário e aumentando a precisão da equipe médica. A arquitetura, portanto, não apenas abriga o protocolo, ela o executa quando o paciente se deixa conduzir pelo percurso assistencial de forma intuitiva.

5. A unidade de internação – O modelo 4-em-2 e a dignidade da escala

Um dos pontos de atenção projetual do HUSBC reside na tipologia das enfermarias, o chamado modelo **4-em-2**. Enquanto o padrão convencional do SUS frequentemente adota enfermarias com seis ou mais leitos — o que compromete a privacidade e o controle de infecções — atento à questão, o termo de referência do HUSBC pedia quatro leitos por quarto. A solução arquitetônica proposta subdividiu o ambiente de cada quarto em dois ambientes pela disposição central do sanitário.

Essa solução dialoga diretamente com a tradição do modernismo humanista. Podemos traçar um paralelo com o Sanatório de Paimio, de Alvar Aalto (1933), cujo projeto partia da unidade celular do paciente para definir a forma do edifício. No HUSBC, a redução da escala da enfermaria busca minimizar o que a literatura de Design Baseado em Evidências (EBD) identifica como "estresse ambiental". Ao fragmentar a percepção visual do quarto, o ruído é reduzido e a sensação de controle do paciente sobre o seu entorno é aumentada.

A precisão técnica dessa unidade é reforçada pela supressão do entreforro, permitindo que cada leito possua infraestrutura de gases e elétrica independente, sempre localizada nas paredes, permitindo um ambiente sem forro, com pé-direito mais generoso e de fácil manutenção. O desenho da enfermaria também prioriza a transparência e a luz natural em toda a extensão da fachada, elementos que, segundo Roger Ulrich (1984), são determinantes na redução do tempo de internação. O projeto retoma a pureza funcional de Jan Duiker no Sanatório Zonnestraal (1928), onde a luz e o ar não são apenas complementos, mas materiais de construção fundamentais para a saúde.

> A proposição de janelas baixas e a garantia da vista para o exterior transformam a enfermaria em um espaço de reconexão com o mundo externo, essencial para a manutenção do ciclo circadiano e a estabilidade psíquica do paciente em estado de urgência. (Adaptado do Memorial de Arquitetura – ARQ-PE-0020).

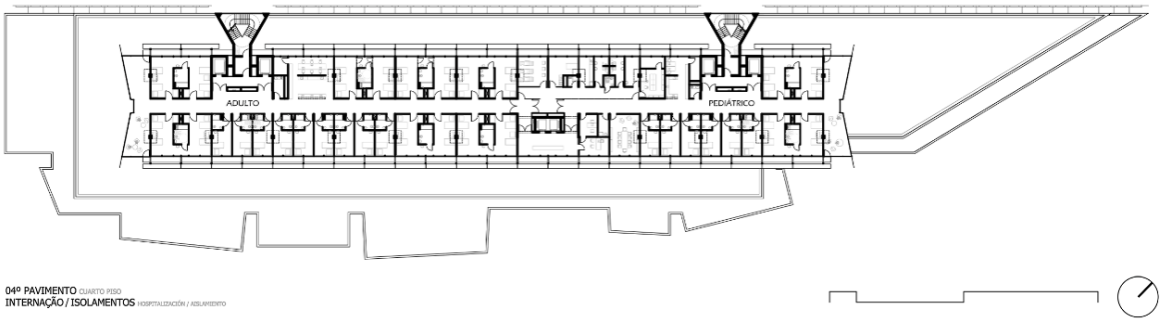
Além do benefício clínico, o modelo 4-em-2 oferece uma vantagem operacional de flexibilidade: em cenários de isolamento por patologias específicas, o hospital pode bloquear apenas dois leitos em vez de uma ala inteira, otimizando a taxa de ocupação do equipamento público.

1 Para aprofundamento: MALKIN, Jain. Hospital Interior Architecture: Creating Healing Environments for Special Patient Populations.

2 HERD Journal (Health Environments Research & Design): Busque por artigos com o termo "Emergency Department Throughput" e "Triage Spatial Configuration".



Embora os setores adulto e pediátrico tenham as suas áreas de acesso de público rigorosamente separadas desde o acesso no nível térreo, a barreira que as separa nos três pisos de enfermaria pode ser aberta de modo a integrar todo o corredor de quartos numa mesma unidade. A estratégia dessa proposta é usar a demanda Sazonal que caracteriza o hospital infantil para liberar leitos para o hospital adulto, tanto por demanda quanto também para viabilizar a manutenção ordinária de quartos de internações.

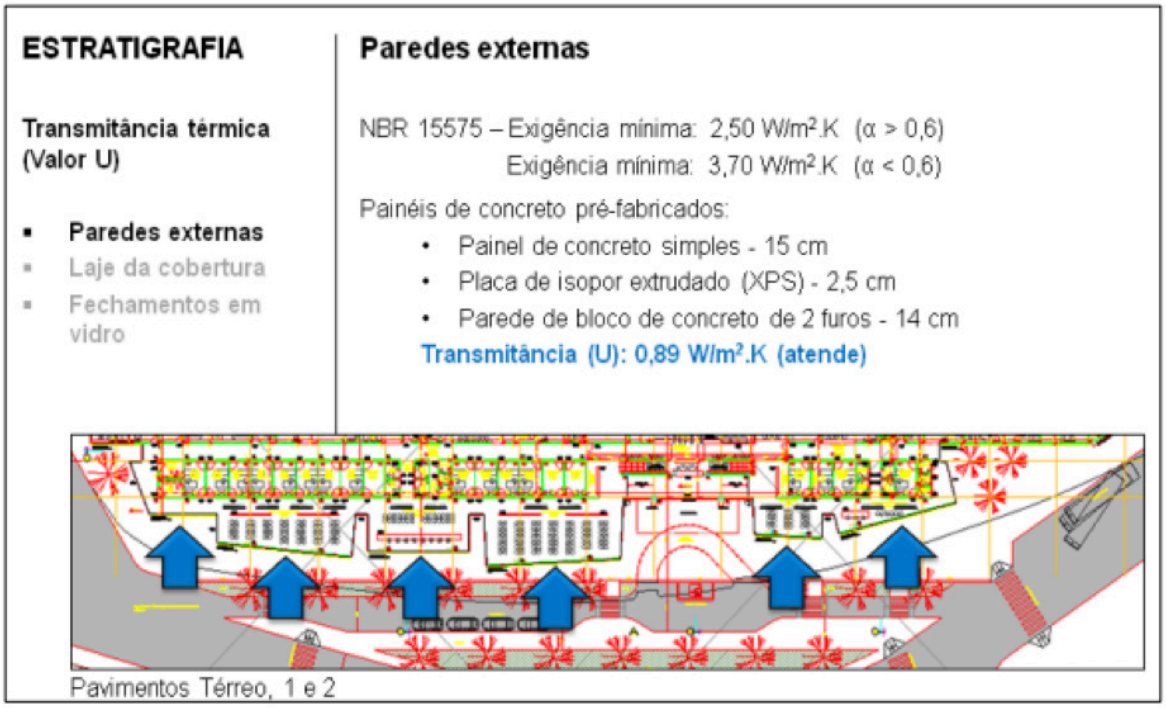


04º PAVIMENTO CUARTO PISO
INTERNAÇÃO / ISOLAMENTOS HOSPITALIZACIÓN / AISLAMIENTO

6. Desempenho bioclimático – A ciência por trás do conforto passivo

Um dos pilares da sustentabilidade operacional do HUSBC é a sua capacidade de oferecer conforto térmico com sistemas passivos, ou seja, com pouca dependência de sistemas mecânicos de climatização, especialmente nas áreas de internação, consequentemente, com baixo consumo de energia. Já que, de acordo com as diretrizes do *Manual de Projetos e Obras Sustentáveis de SBC*, a redução do consumo energético em edifícios públicos é uma métrica de eficiência da gestão. No HUSBC, essa meta foi atingida por meio de uma análise rigorosa da envoltória.

O Relatório elaborado pela empresa Mitsidi (2017), que subsidiou o projeto executivo e realizou simulações termoenergéticas que validaram a eficácia do sistema de quebra-sóis (brises) nas fachadas de maior incidência solar (leste e oeste). Os brises foram dimensionados para impedir a incidência de sol sobre as fachadas iluminantes, permitir luz e barrar o aquecimento e garantir que a carga térmica interna permanecesse dentro das zonas de conforto estabelecidas pela NBR 15575.



Pavimentos Térreo, 1 e 2

ESTRATIGRAFIA

Fator Solar (FS)
Transmitância térmica (Valor U)

- Paredes externas
- Laje da cobertura
- **Fechamentos em vidro**

Fechamentos em vidro

NBR 15575 – Não há exigência mínima para vidros

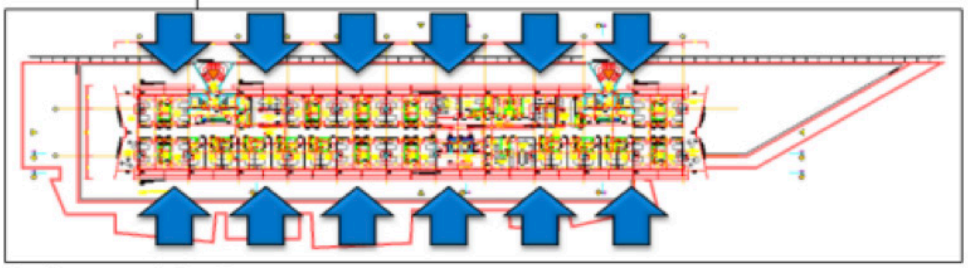
Vidro laminado simples:

- Laminado (4mm / 4mm)

Fator Solar (FS): 82,0%

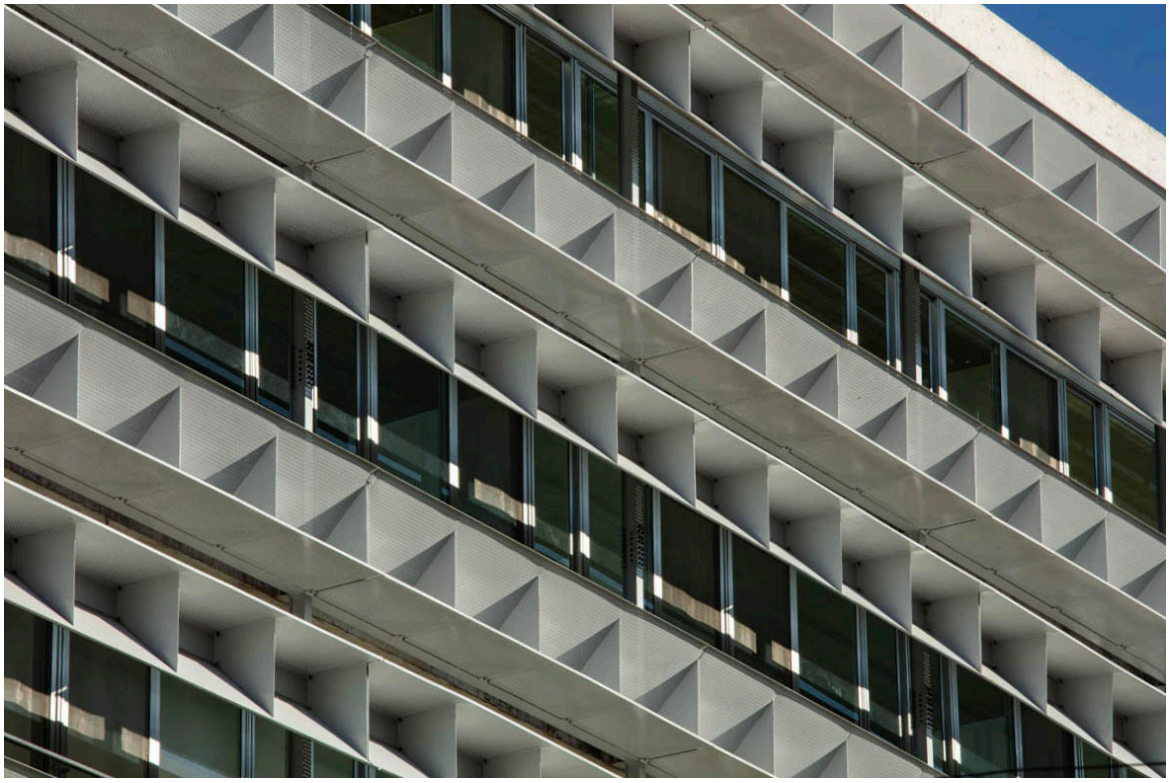
Transmitância térmica: 5,63 W/m².K

Sombreamento com brise horizontal

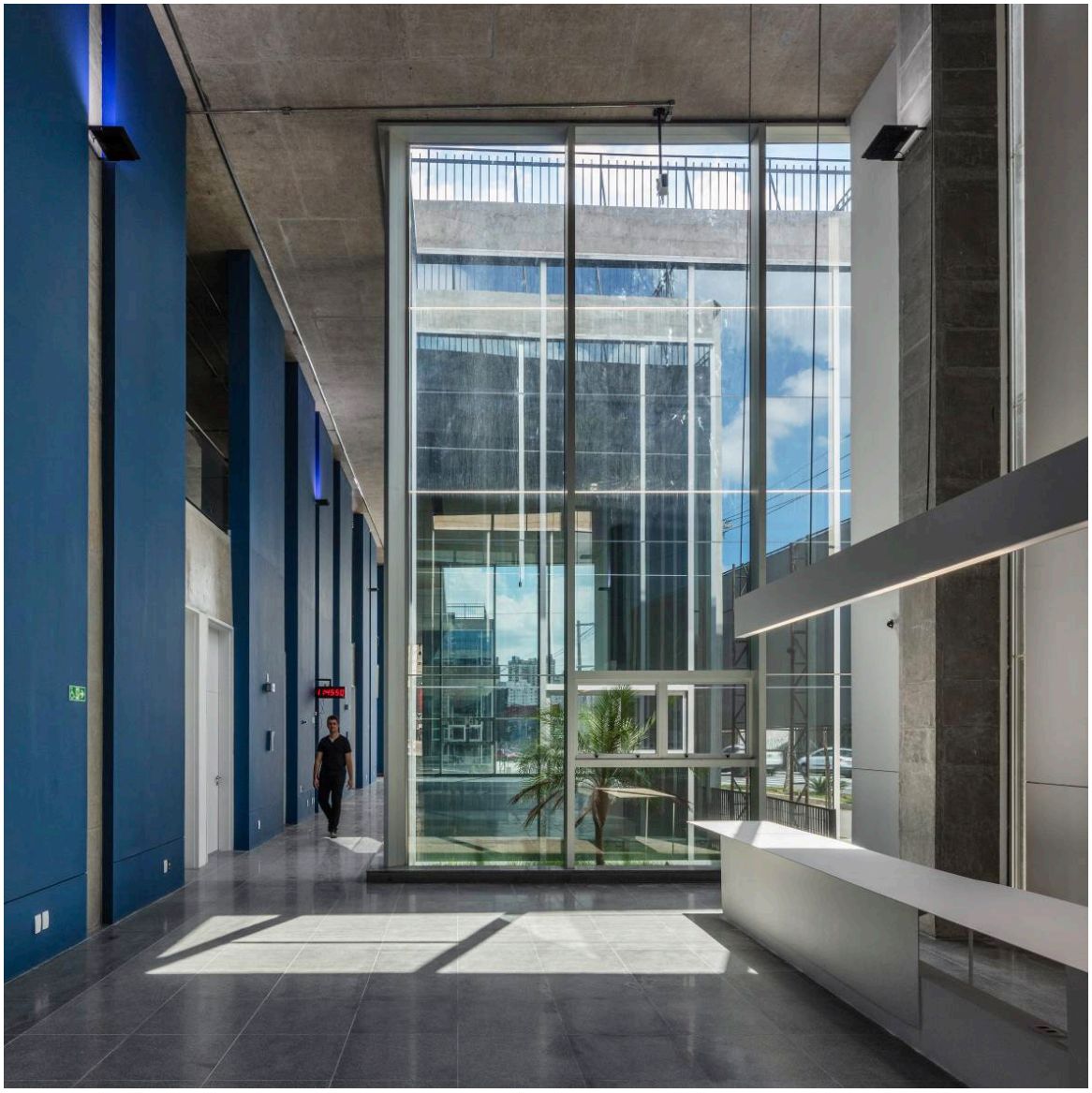


Pavimentos 4, 5 e 6





A estratégia bioclimática baseia-se no conceito de ventilação natural induzida e no uso da inércia térmica da estrutura de concreto. Como aponta Victor Olgyay (1963) em sua teoria do design bioclimático, o edifício deve atuar como um filtro entre o clima externo e as necessidades metabólicas internas. No contexto hospitalar, essa "filtragem" ganha uma camada de complexidade: a garantia da renovação do ar para controle de infecções. O uso de janelas operáveis e o pé-direito duplo com aberturas zenitais, estrategicamente posicionadas nas áreas de recepção e de estar no térreo, permitem que o hospital "respire", reduzindo a proliferação de patógenos e, simultaneamente, dispensando o uso de ar-condicionado em áreas de baixa criticidade, o que gera uma economia significativa de custos de manutenção e energia.

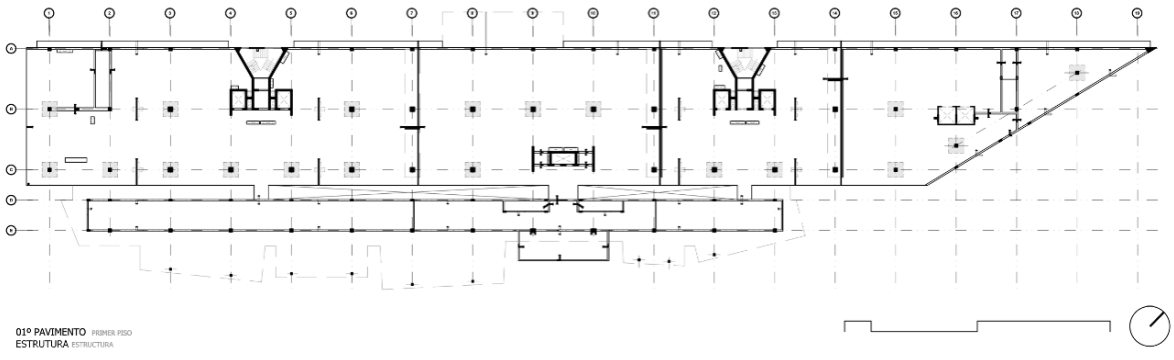


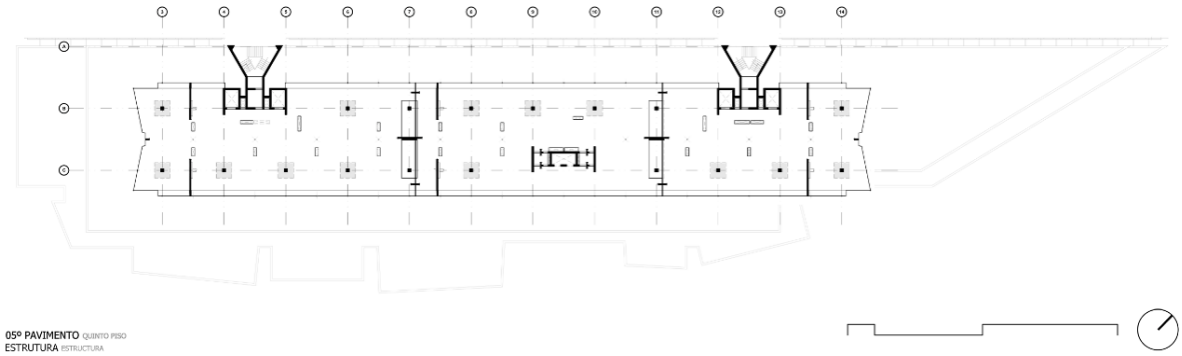
7. Tectônica e longevidade – O concreto protendido como ética construtiva

A materialidade do HUSBC é definida pela redução da paleta, com o uso extensivo do concreto armado e protendido para a estrutura e, como regra, mantido aparente para evitar a sobreposição desnecessária de serviços tantas vezes realizados por puro hábito (desenho sem crítica). Essa escolha tem o sentido de uma decisão pragmática voltada à velocidade de execução, à baixa manutenção e à durabilidade, ou simplesmente *tectonics*, como teorizado por Kenneth Frampton (1995). Num edifício público, a baixa manutenção é um imperativo ético.



O sistema estrutural de concreto protendido permitiu a execução de grandes vãos e, consequentemente, a criação da liberdade plena de entreforro, sem a interferência de vigas. O intercolúnio de dez metros, considerando-se a profundidade e tipo de fundação, também é uma decisão econômica. Essa solução técnica, detalhada no *Memorial ARQ-PE-0020*, garante a flexibilidade sistêmica do hospital. Ao concentrar as instalações em um vazio técnico generoso, entre a laje e o forro, o projeto permite que futuras atualizações tecnológicas de infraestrutura médica ocorram sem a necessidade de intervenções destrutivas na estrutura principal.





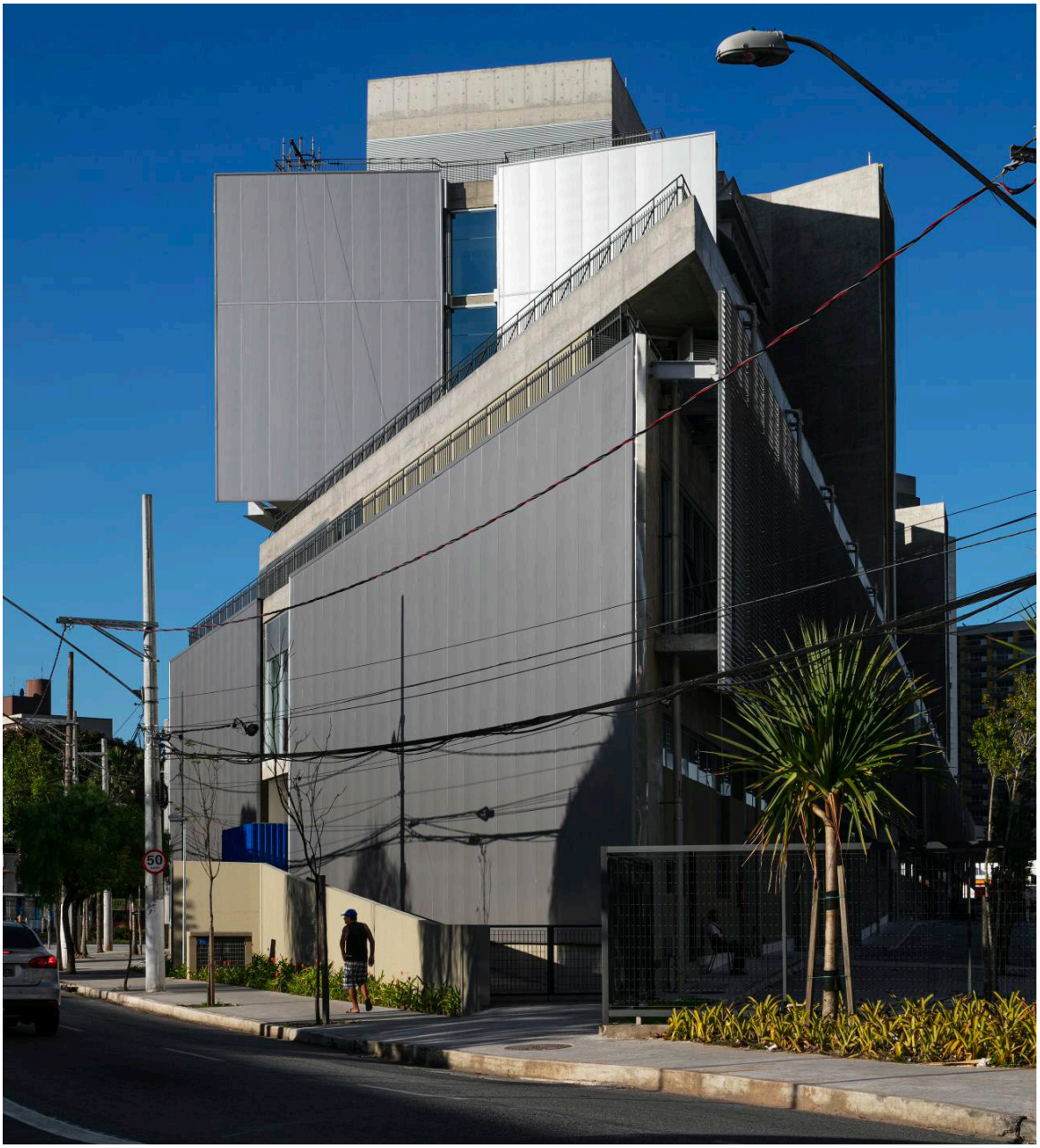
A pele do edifício, composta por painéis pré-moldados e esquadrias de alumínio, responde à necessidade de estanqueidade e isolamento acústico em um ambiente urbano ruidoso. A espinha dorsal técnica — o eixo vertical que concentra os shafts e a circulação de utilidades — foi projetada para ser acessível externamente em pontos estratégicos, facilitando a manutenção preventiva sem invadir as áreas estéreis ou de atendimento.

> A clareza técnica da montagem do edifício, em que estrutura, infraestrutura e vedação são lidas como sistemas independentes, confere ao HUSBC uma inteligência construtiva que prolonga sua vida útil e minimiza a obsolescência funcional. (Adaptado do Memorial do Projeto Executivo).

Essa integração arquitetônica, entre o rigor da engenharia e a sensibilidade do desenho hospitalar, resulta em um edifício que não apenas funciona, mas que se comunica com a cidade pela sua robustez e transparência, reforçando o papel da arquitetura pública como um bem cultural duradouro.






50

8. Avaliação pós-ocupação (APO) – A resiliência em operação real

A transição do projeto para o edifício construído é o momento em que as hipóteses de design são postas à prova. No caso do HUSBC, a avaliação pós-ocupação (APO) revela-se um instrumento fundamental de gestão. Segundo Wolfgang Preiser (1995), a APO não deve ser vista apenas como um diagnóstico de falhas, mas como um processo cíclico que alimenta o conhecimento para futuras intervenções. No HUSBC, a operação iniciada em 2020 permitiu observar como a infraestrutura crítica respondeu a demandas extremas.

A setorização vertical e a clareza dos fluxos de suprimentos (espinha dorsal técnica) reduzem drasticamente o tempo de movimentação interna de materiais e resíduos. A eficiência logística, prevista no *Memorial de Projeto ARQ-PE-0020*, materializou-se em uma operação mais enxuta e segura. A separação estrita entre o fluxo sujo (resíduos e materiais contaminados) e o fluxo limpo (insumos e pacientes) — facilitada pela arquitetura — mostrou-se um diferencial competitivo na gestão de riscos biológicos.

O sistema de escadas de segurança abertas e ventiladas naturalmente atendem simultaneamente às demandas de segurança e à agilidade de deslocamento vertical, propiciando aos colaboradores a visão da cidade em diversos níveis de observação.



9. A pandemia de COVID-19 como teste de estresse definitivo

Inaugurado em maio de 2020, o HUSBC foi imediatamente convertido em um centro de referência para o tratamento da COVID-19. Esse cenário de crise operou como "teste de estresse" máximo para o partido arquitetônico. A flexibilidade da unidade de internação 4-em-2 provou-se superior aos modelos de enfermarias coletivas tradicionais. A possibilidade de subdividir os quartos de quatro leitos em unidades menores de dois leitos permitiu isolar grupos de pacientes com diferentes níveis de gravidade e perfis infecciosos, sem comprometer a capacidade total da ala.

A resiliência da infraestrutura, mencionada anteriormente como o conceito de hospital-dique, foi validada pela autonomia dos sistemas. O posicionamento dos pavimentos técnicos suspensos garantiu que as equipes de manutenção pudessem intervir nos sistemas de gases medicinais e climatização sem acessar as áreas vermelhas contaminadas. Essa manutenibilidade externa reduziu o risco de contaminação cruzada entre profissionais de apoio e equipes de assistência.

> A capacidade do edifício de se adaptar a uma patologia desconhecida e de alta transmissibilidade, sem exigir reformas estruturais de emergência, demonstra que a flexibilidade projetual é, em última análise, uma estratégia de saúde pública. (Relato da Diretoria Clínica, 2021).

10. Humanização e percepção do usuário – O impacto do design baseado em evidências (EBD)

Para além da eficiência técnica, a APO buscou mensurar a percepção de bem-estar dos usuários (pacientes e funcionários). Fundamentado no Design Baseado em Evidências (EBD), o projeto priorizou a luz natural e a conexão visual com a linha do horizonte e a malha urbana.



Relatos qualitativos de pacientes indicam uma redução na percepção de confinamento, fenômeno comum em hospitais de urgência com iluminação puramente artificial. A estratégia de janelas baixas nas enfermarias, permitindo a visão do horizonte mesmo para pacientes acamados, corrobora as teses de Roger Ulrich sobre a redução do cortisol e a melhora do humor.

Para o corpo de enfermagem e médicos, a ergonomia dos postos de trabalho — posicionados de forma a garantir visibilidade direta para os leitos, mas com tratamento acústico adequado — resultou em uma diminuição da fadiga laboral. A arquitetura, portanto, deixou de ser um cenário passivo para se tornar um agente ativo na recuperação do paciente e na saúde mental do trabalhador. Conforme o *Manual de*

Conforto Ambiental, a integração de cores sóbrias, ventilação natural controlada e acústica eficiente transformou o HUSBC em um paradigma de que "o edifício público pode e deve oferecer a mesma qualidade ambiental de centros de excelência privados".

11. Análise comparativa – Do pavilhão ao podium-tower hospitalar

A evolução das tipologias hospitalares reflete a mudança nas concepções de higiene, medicina e urbanismo. Para compreender a relevância científica do HUSBC, é necessário situá-lo no debate entre o modelo pavilhonar, o monobloco vertical e a solução híbrida de embasamento e lâmina.

Historicamente, o modelo pavilhonar (como o Hospital Lariboisière em Paris)[3] priorizava a ventilação cruzada e o isolamento de patologias, mas revelou-se ineficiente em termos de fluxos e logística em terrenos urbanos escassos. Com o advento dos sistemas de climatização e elevadores, a arquitetura hospitalar migrou para o monobloco, uma caixa compacta de alta densidade. No entanto, o monobloco frequentemente padece de uma cegueira tecnológica: o coração do edifício torna-se inacessível, e as áreas técnicas acabam comprimidas em subsolos, o que compromete a manutenção e a adaptabilidade do sistema — uma falha crítica que o HUSBC busca corrigir.

O HUSBC opta pela tipologia *podium-tower*, com pavimento de transição técnica. Essa solução permite a dissociação de dois ritmos temporais distintos dentro do edifício:

1. **Embasamento (*podium*)** – de caráter logístico e diagnóstico, que exige grandes áreas horizontais e conexões diretas com a malha urbana.
2. **Lâmina de internação (*tower*)** – que demanda repetição, silêncio e contato com o exterior (luz e vista).

A superioridade dessa escolha para o HUSBC reside na introdução do pavimento técnico intermediário. Enquanto hospitais urbanos densos costumam sofrer com o conflito de infraestruturas (vigas que barram dutos, *shafts* insuficientes), o HUSBC cria uma trégua espacial. Como argumenta Stephen Verderber (2010), em *Innovations in Hospital Architecture*, a longevidade de um hospital está ligada à sua "capacidade de atualização sistêmica sem trauma". Ao elevar a torre sobre um pavimento técnico, o HUSBC permite que toda a complexidade de redes (gases, elétrica, HVAC) seja gerida de forma horizontal e independente, uma solução significativamente mais resiliente do que o empilhamento rígido do monobloco tradicional.

3 Para aprofundamento: BOUDON, Françoise. "Système de la brique et de la pierre : l'hôpital Lariboisière". In: Revue de l'Art, n. 29, 1975. Um artigo técnico detalhado sobre a construção e o simbolismo dos materiais (tijolo e pedra) no projeto de Gauthier.

12. A dialética do fast track – Eficiência assistencial vs. Qualidade espacial

Outro ponto de inflexão na discussão técnica é a implementação do sistema *fast track* no atendimento de urgência[4]. Se o Protocolo de Manchester[5] organiza o fluxo por cores e gravidade, o *fast track* é o algoritmo de aceleração para casos de baixa complexidade mas com alta rotatividade.

Cientificamente, a literatura de gestão hospitalar demonstra que o gargalo das emergências não está apenas na falta de leitos, e sim na má gestão dos fluxos de saída[6]. A arquitetura do HUSBC responde a isso com a criação de circuitos de circulação independentes que operam em paralelo. No HUSBC, o projeto não é apenas um contêiner; ele é um "dispositivo de vazão".

Comparado a projetos contemporâneos internacionais, como os hospitais de Herzog & de Meuron (Rehab Basel) ou as clínicas de Alvar Aalto, o HUSBC mantém o rigor funcionalista europeu, porém adaptado à realidade da saúde pública brasileira. Enquanto Aalto utilizava a forma para "curar" o indivíduo por meio da fenomenologia do espaço, o HUSBC utiliza a estrutura para "curar" a operação pública por meio da eficiência logística.

> "O hospital urbano moderno deve operar como uma 'fábrica de saúde' em sua base, mas como um 'espaço de humanidade' em seu topo. O sucesso do HUSBC está em não permitir que a lógica industrial do diagnóstico contamine a dignidade do espaço de repouso." (Extraído da fundamentação teórica do projeto participativo).

Essa dualidade reforça a tese de que a arquitetura hospitalar de alta complexidade deve ser compreendida como um sistema sociotécnico. A escolha do concreto protendido, discutida anteriormente, não é apenas estrutural; é o que garante que essa dialética entre base logística e torre de internação possa existir sem as restrições de uma malha de pilares excessivamente densa, permitindo que os fluxos de urgência respirem com a fluidez necessária.

13. A ética da materialidade: durabilidade e manutenibilidade

No contexto da saúde pública, a escolha dos materiais transcende a dimensão visual para tornar-se uma decisão de gestão de ativos. No HUSBC, a especificação seguiu o trinômio durabilidade-manutenibilidade-imunidade material. Como o hospital opera em regime de 24/7, a interrupção para reformas de manutenção corretiva gera prejuízos sociais e financeiros incalculáveis.

4 Para aprofundamento: ZILM, Frank. "The Future of Emergency Department Design". In: Journal of Ambulatory Care Management. GROUP2 ARCHITECTURE. "Lean Design in Healthcare: Emergency Department Case Studies".

5 Para aprofundamento: MACKWAY-JONES, Kevin; MARSDEN, Janet; WINDLE, Jill. Emergency Triage: Manchester Triage Group. BMJ Books.

6 BOSCH, Sheila J. *et al.* "The Effects of Healthcare Design on Patient Outcomes".

A adoção do concreto armado e protendido aparente como linguagem e estrutura reflete o que Kenneth Frampton (1995)[7] descreve como a "ontologia da construção". Ao expor a estrutura, o projeto elimina camadas de revestimentos (como rebocos e pinturas) que seriam pontos vulneráveis a patologias e demandariam repinturas periódicas. O concreto, tratado com vernizes hidrofugantes e proteção superficial, oferece um invólucro robusto e resistente à agressividade do ambiente urbano.

14. A envoltória de alta performance – Brises, pré-moldados e estanqueidade

A pele do HUSBC foi concebida como um sistema multicamadas. Para as vedações externas do embasamento voltado para a rua, optou-se por painéis pré-moldados de concreto, que garantem rapidez de montagem e controle de qualidade superior ao da alvenaria convencional. Esses painéis possuem alto índice de isolamento acústico, essencial para o conforto do paciente em um lote confrontante com vias de alto tráfego.

As esquadrias de alumínio com vidro laminado de alto desempenho foram especificadas para atender aos critérios de estanqueidade e de isolamento térmico. O destaque técnico reside nos *brises* metálicos fixos, cuja geometria foi definida pelas simulações da consultoria em conforto ambiental Mitsidi. A escolha do alumínio com pintura eletrostática para os elementos de sombreamento justifica-se pela resistência à corrosão e pela leveza estrutural.

Diferentemente de sistemas de *brises* móveis, que frequentemente apresentam falhas mecânicas em edifícios públicos devido à falta de manutenção, os brises fixos do HUSBC garantem a eficácia do sombreamento passivo de forma permanente. Conforme o *Manual de Projetos e Obras Sustentáveis de SBC*, essa solução passiva reduz a carga térmica em até 30%, permitindo que o sistema de climatização opere em regimes de menor potência, prolongando a vida útil dos compressores e *chillers*.

15. Materiais interiores e conformidade com a RDC 50

Internamente, a especificação de materiais seguiu rigorosamente a RDC 50 da Anvisa, mas com um olhar voltado para a humanização. Em áreas críticas, como centro cirúrgico e UTIs, utilizou-se o piso vinílico condutivo e monolítico para evitar o acúmulo de sujidades e facilitar a assepsia.

Para as áreas de circulação e recepção, o uso de pedras naturais (granito) e painéis melamínicos de alta densidade (em áreas controladas) busca quebrar a frieza clínica tradicional. A interface entre a arquitetura e a engenharia manifesta-se no detalhamento dos forros modulares e

7 Vide: FRAMPTON, Kenneth. Estudos sobre a cultura tectônica: a poética da construção na arquitetura dos séculos XIX e XX. São Paulo: Cosac Naify, 2012.

removíveis, exclusivamente instalados nas áreas técnicas e de circulação. Essa escolha permite o acesso imediato ao entreforro, possibilitando que novas redes de dados ou gases medicinais sejam instaladas sem quebrar paredes ou gerar poeira.

> A especificação técnica no HUSBC não é um ato isolado, mas uma costura entre a norma sanitária e a eficiência operacional. Cada junta, cada material e cada encontro de superfícies foi desenhado para resistir ao uso severo e facilitar a higienização, que é a primeira linha de defesa no controle de infecções hospitalares. (Extraído do Memorial de Especificações - ARQ-PE-0030).

16. A interface com as instalações – A espinha dorsal como objeto arquitetônico

A maior interface entre arquitetura e engenharia no HUSBC é a sua espinha dorsal técnica. Trata-se de um eixo vertical de *shafts* visitáveis que atravessa o edifício. Enquanto, em hospitais convencionais, as instalações são "escondidas" em locais inacessíveis, no HUSBC, elas são o coração da organização espacial.

Essa estratégia de design permite a manutenção preditiva. Técnicos podem acessar painéis elétricos, válvulas de gases e prumadas hidráulicas sem entrar nas enfermarias ou áreas restritas. Essa evidência técnica eleva o hospital ao status de infraestrutura flexível, garantindo que o edifício possa evoluir tecnologicamente ao longo das décadas.

17. O ritual do projeto – Da escuta qualitativa à formalização técnica

No HUSBC, a metodologia de codesign não foi uma consulta passiva, mas uma série de *workshops* de simulação de fluxo. Durante a fase de anteprojeto, as reuniões semanais não focavam apenas "o que" o médico queria, mas "como" o espaço poderia mediar o erro humano.

Um exemplo prático dessa iteração metodológica ocorreu na definição das salas de emergência e choque. Inicialmente previstas em um *layout* convencional, as discussões com a equipe de traumatologia revelaram que a disposição dos leitos precisava permitir uma visão de 360 graus a partir do posto de enfermagem central, mas com a possibilidade de isolamento rápido em caso de procedimentos invasivos. Isso gerou o desenho de ilhas de atendimento com infraestrutura suspensa (estativas), liberando o piso para a livre movimentação de carrinhos de emergência e equipes multidisciplinares.

Essa metodologia de transposição, em que a demanda clínica é traduzida em métrica espacial, fundamenta-se nos princípios de E.T. Hall (1966)

sobre a proxêmica. A arquitetura do HUSBC manipula as distâncias para garantir que, no estresse da urgência, o espaço trabalhe a favor do profissional, reduzindo o que a ergonomia chama de carga cognitiva. Cada decisão de *layout* foi submetida a testes de percurso virtuais, em que se cronometrava o tempo de deslocamento do paciente do trauma até o centro cirúrgico, resultando na criação de elevadores exclusivos de código vermelho.

18. Arquitetura em tempos de antropoceno – O hospital como nó de resiliência

Ao conectar o HUSBC ao *Manual de Projetos e Obras Sustentáveis de SBC*, percebemos que o projeto antecipa uma discussão vital: a resiliência de edifícios críticos frente a eventos climáticos extremos. O conceito de hospital-dique ganha aqui uma dimensão política e ambiental. No contexto do antropoceno, em que as inundações urbanas se tornam mais frequentes e severas, o hospital não pode ser uma vítima do território; ele deve ser o seu ponto de ancoragem.

A estratégia de elevar o coração técnico do hospital para o segundo pavimento — protegendo transformadores, geradores e centrais de gases medicinais —, além de estabelecer a cota do térreo na cota segura, dialoga com o conceito de **arquitetura anfíbia**. Enquanto a infraestrutura urbana do entorno pode falhar devido ao transbordamento de canais ou à saturação do solo (lençol freático raso documentado nos laudos de sondagem), o HUSBC permanece como uma ilha de funcionalidade.

Essa abordagem é sustentada pela teoria da **resiliência evolutiva** de C.S. Holling, adaptada para a arquitetura por pesquisadores contemporâneos. Um edifício resiliente não é aquele que é rígido e indestrutível, mas aquele que possui redundância e capacidade de manter funções vitais sob perturbação. Ao adotar o concreto protendido e grandes vãos, o HUSBC permite que, se uma ala for comprometida, outra possa absorver sua função sem colapso sistêmico.

> A sustentabilidade no HUSBC não é medida apenas por selos verdes, mas pela sua capacidade de não interromper o cuidado. Em um cenário de mudanças climáticas, a maior virtude de um hospital é a sua resistência operacional. (Fundamentação teórica baseada no Manual de Obras Sustentáveis).

A integração de sistemas de drenagem próprios, com bacias de acumulação e reúso de águas pluviais, faz com que o hospital atue como um dispositivo de compensação hídrica para o bairro. Assim, o edifício devolve à cidade uma regulação que a urbanização densa e impermeável de São Bernardo do Campo havia retirado. O HUSBC, portanto, deixa de

ser apenas um prédio de saúde para tornar-se uma peça de infraestrutura azul[8] e verde[9], essencial para a sobrevivência urbana no século XXI.

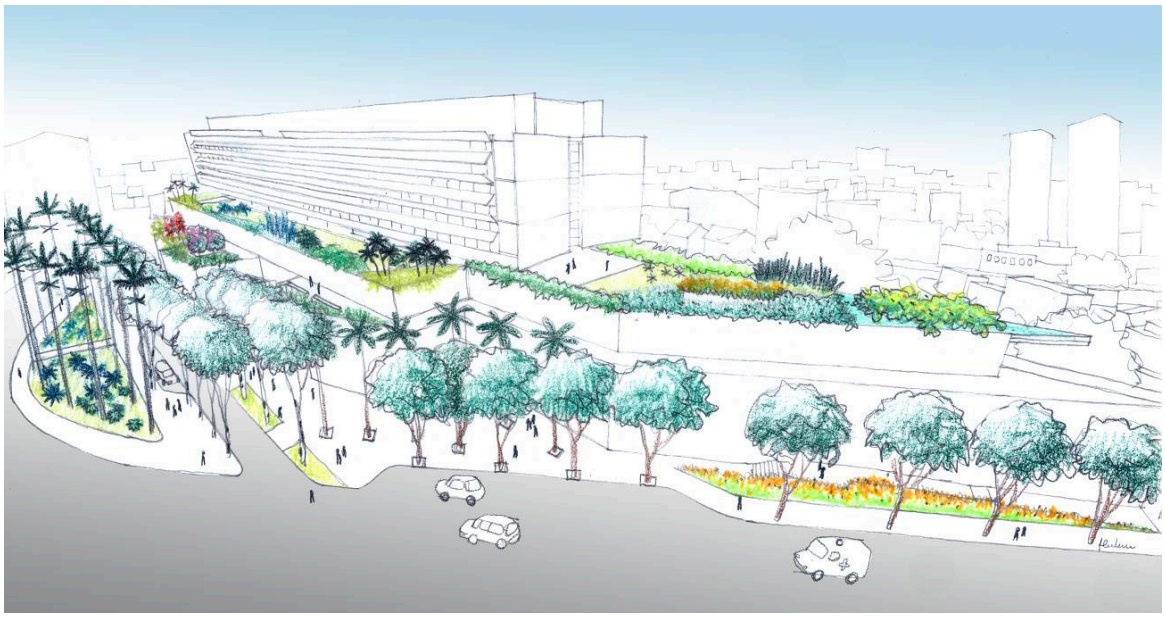
19. A escala humana no equipamento metropolitano – O hospital e a rua

A inserção de um edifício de 20.600 m² em um lote estreito e densamente povoado exige uma sensibilidade que transcende o programa hospitalar. O HUSBC não se comporta como um *bunker* institucional, pelo contrário, dentro de seus limites, ele busca estabelecer uma nova urbanidade para São Bernardo do Campo. Alinhado às diretrizes do *Manual de Projetos e Obras Sustentáveis de SBC*, o projeto qualifica o espaço público ao tratar o recuo frontal não como um vazio residual, mas como uma extensão da calçada, promovendo o que Jane Jacobs (1961) define como os "olhos da rua".

Diferentemente da tipologia de hospitais murados, o HUSBC utiliza a transparência do embasamento e o desenho do paisagismo para suavizar a transição entre o domínio público e o ambiente de alta complexidade. A praça de acesso, protegida pelo balanço da estrutura protendida, oferece sombra e abrigo, funcionando como uma sala de espera urbana que acolhe não apenas os usuários do hospital, mas os pedestres que transitam pela região. Essa estratégia de arquitetura da acolhida é fundamental para desestigmatizar o espaço de saúde pública, transformando-o em um nó de civilidade e cuidado.

8 Para aprofundamento: DREISEITL, Herbert. Waterscapes: Planning, Building and Designing with Water. Birkhauser, 2001.

9 BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Island Press, 2006.



20. O paradigma da hospitalidade – O espaço como agente de cura

O conceito de hospitalidade hospitalar[10], amplamente debatido na literatura contemporânea de arquitetura para a saúde, propõe que o ambiente deve atuar como um suporte psicológico para o paciente e para o acompanhante. No HUSBC, essa hospitalidade materializa-se na qualidade do ar, na abundância de luz natural e no controle acústico.

Fundamentado no **Manual de Conforto Ambiental**, o projeto utiliza cores, texturas e luz como componentes do ambiente de cura (*healing environment*). Como destaca Roslyn Lindheim (1985), a perda de controle e a desorientação são as principais fontes de estresse em hospitais. No HUSBC, a clareza da circulação vertical e a visão constante do exterior ajudam o paciente a se situar no tempo e no espaço, mantendo o vínculo com a realidade externa à doença.

A hospitalidade estende-se ao corpo clínico. Ambientes de descanso para médicos e enfermeiros foram projetados com as mesmas premissas de conforto bioclimático das enfermarias. Reconhecer que a arquitetura deve cuidar de quem cuida é um dos pilares da sustentabilidade social do equipamento. Um ambiente que reduz a fadiga e o erro humano é, por definição, um ambiente mais eficiente e econômico para a gestão pública.

21. "Hospital-cidade" – Redundância e diversidade programática

O HUSBC opera como uma microcidade. Além das áreas clínicas, o edifício abriga uma complexa rede de serviços: desde a gestão de resíduos e centrais de esterilização até auditórios de ensino e áreas de convivência. Essa diversidade programática exige uma infraestrutura que suporte o uso intensivo sem colapsar.

A solução de pavimentos técnicos visitáveis, já discutida, permite que essa "microcidade" se adapte sem parar. Em um contexto de saúde pública, em que a demanda é sempre crescente e os recursos são finitos, a flexibilidade sistêmica é a maior forma de economia. O HUSBC demonstra que a arquitetura pública de excelência não é um luxo, mas uma estratégia de otimização de recursos. Ao investir em uma estrutura robusta e flexível, o Estado evita a obsolescência precoce do edifício e garante que ele servirá a múltiplas gerações, adaptando-se a novas tecnologias médicas que hoje nem sequer conseguimos imaginar.

22. Síntese – A ética da técnica na arquitetura para a saúde

É evidente que o Hospital de Urgências de São Bernardo do Campo (HUSBC) representa uma ruptura com o modelo de assistência hospitalar puramente descritivo e funcionalista. O projeto estabelece uma reflexão

10 MALKIN, Jain. A Healing Architecture. New York: McGraw-Hill, 1992.

para a arquitetura pública brasileira, em que a técnica — manifestada na estrutura protendida, no concreto aparente e nos sistemas de barreira hidrológica — não é um fim em si mesma, mas um meio para viabilizar o cuidado e a dignidade humana.

Respondendo ao confronto imposto por um terreno vulnerável e uma demanda social urgente, o HUSBC demonstra que a arquitetura atua como uma infraestrutura crítica. O partido de hospital-dique e a elevação dos sistemas vitais para pavimentos técnicos suspensos não são apenas soluções de engenharia, e sim manifestações de uma responsabilidade ética com a continuidade do serviço público.

23. Contribuições e considerações para o campo científico e projetual

A experiência do HUSBC durante a pandemia de COVID-19 serviu como a validação empírica final dessas premissas. A flexibilidade do modelo de internação 4-em-2 e a independência técnica dos pavimentos garantiram que o hospital não fosse apenas um edifício, mas um instrumento de combate à crise sanitária.

As contribuições potenciais deste artigo para o debate contemporâneo em arquitetura hospitalar são sintetizadas em três pilares:

1. **Validação do codesign** – A demonstração de que o processo participativo com o corpo clínico resulta em fluxos operacionais mais eficientes e espacialidades mais humanas.

2. **Eficácia do Design Baseado em Evidências (EBD)** – A comprovação de que estratégias bioclimáticas passivas, validadas por simulações térmicas e lumínicas, garantem conforto e sustentabilidade operacional sem dependência excessiva de sistemas mecânicos.

3. **Resiliência como atributo arquitetônico** – A proposição de uma tipologia hospitalar urbana que antecipa desafios climáticos e hidrológicos, mantendo sua autonomia em cenários de estresse ambiental.

Esses três pilares ganham maior relevo num equipamento público de grande escala e alta complexidade, como é o caso, informam e atualizam a agenda da arquitetura no contexto atual, sobretudo diante dos temas da sustentabilidade e das mudanças climáticas. Portanto, são pilares que também sustentam o que hoje se reconhece como qualidade arquitetônica. Mas o juízo que atribui o peso específico a cada uma das especialidades que afinal compõem o fato arquitetônico não se assenta

em nenhuma delas. Ou seja, nenhuma das especialidades, tampouco dos três pilares, tem, por princípio, o protagonismo. Pois o juízo que estabelece a adequada hierarquia entres eles depende de cada caso e de todas as variáveis que o definem. Esse juízo ético, com efeito, corresponde à própria definição de arquitetura.

A conclusão é que o HUSBC reafirma o papel do arquiteto como um articulador de saberes complexos. Na interseção entre a medicina, a engenharia, o urbanismo e as ciências sociais, emerge um edifício que não apenas abriga a cura, mas que cura a própria cidade ao oferecer-lhe um ponto de referência de excelência, resiliência e beleza. O rigor acadêmico aprendido na FAU-USP, aliado à prática projetual de vanguarda, deixa para este hospital o legado de que a saúde pública brasileira merece o melhor que a arquitetura pode produzir.

Referências

ALLEN, Stan. **Points + Lines: Diagrams and Projects for the City**. New York: Princeton Architectural Press, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 50**, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Brasília, DF, 2002.

EASTERLING, Keller. **Extrastatecraft: The Power of Infrastructure Space**. London: Verso, 2014.

FRAMPTON, Kenneth. **Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture.** Cambridge: MIT Press, 1995.

HALL, Edward T. **The Hidden Dimension**. Garden City: Doubleday, 1966.

HOLLING, Crawford S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 4, n. 1, p. 1-23, nov. 1973.

JACOBS, Jane. **The Death and Life of Great American Cities**. New York: Random House, 1961.

LINDHEIM, Roslyn. **New Design Parameters for Health Care Facilities**. New York: National Academy Press, 1985.

MITSIDI PROJETOS. **Relatório de Eficiência Energética e Desempenho Térmico: Hospital de Urgências de São Bernardo do Campo**. São Paulo: Mitsidi, 2017.

OLGYAY, Victor. **Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism**. Princeton: Princeton University Press, 1963.

PREISER, Wolfgang F. E. **Post-Occupancy Evaluation**. New York: Routledge, 1995.

SANDERS, Elizabeth B.-N.; STAPPERS, Pieter Jan. Co-creation and the new landscapes of design. **Co-design**, v. 4, n. 1, p. 5-18, mar. 2008.

SANOFF, Henry. **Community Participation Methods in Design and Planning**. New York: John Wiley & Sons, 2000.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. Secretaria de Obras. **Manual de Projetos e Obras Sustentáveis de SBC**. São Bernardo do Campo: PMSBC, 2017.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. Secretaria de Saúde. **Manual de Conforto Ambiental Hospitalar**. São Bernardo do Campo: PMSBC, 2018.

ULRICH, Roger S. View through a window may influence recovery from surgery. **Science**, v. 224, n. 4647, p. 420-421, abr. 1984.

VERDERBER, Stephen. **Innovations in Hospital Architecture**. New York: Routledge, 2010.

APÊNDICE A – Ficha técnica

Hospital Público de Urgência

São Bernardo do Campo, SP, Brasil

Projeto I Proyecto: **2014 - 2015**

Construção I Construcción: **2015 – 2016**

Arquitetos I Arquitectos

SPBR Arquitetos

Angelo Bucci

Tatiana Ozzetti, Nilton Suenaga, Beatriz Marques, Victor Próspero

Lucas Roca, Martha Bucci, Beatriz Brandt

ARQLAB

[Consultoria em arquitetura hospitalar I Consultoría de arquitectura hospitalaria]

Sérgio Salles

Ivan Portero, Priscila Segala, Vinicius M. Oliveira, Fernanda V. Santos

SIC ARQUITETURA

[Apoio à produção de desenhos em Autocad I Apoyar la producción de dibujos en Autocad]

Fabio Kassai

Bruno Taiar de Carvalho, Ana Carolina Artuzi Aipp, George Ferreira, Renata Ribeiro Lopes, Mariana Ginesi

Consultores:

Estrutura I Estructura

Kurkdjian Fruchtengarten

Fundações I Cimientos

ENGEOS Engenharia e Geotecnia

Instalações prediais I Instalaciones del edificio

MHA Instalações

Paisagismo I Paisajismo

Raul Pereira Arquitetos Associados

Orçamento e custos I Presupuesto y Costos

Alberto Costa Neto

Engenharia de especificações I Ingeniería de especificaciones

Leonardo Katori

Luminotécnica I Iluminación

LUX Projetos - Ricardo Heder

Eficiência energética I Eficiencia Energética

MITSIDI - João Leal, Arthur Cursino, Edward Borgstein

Impermeabilização I Impermeabilización

PROASSP

Cozinhas industriais I Cocinas Industriales

NUCLEORA

Elevadores I Ascensores

ZAPP Consultoria

Incêndio I Protección contra incendios

Cel. Altino Gianesini

Cliente

Fundação do ABC/ Prefeitura da cidade de São Bernardo do Campo

Programa

Hospital Público de Urgência

Área do terreno

17.548,16 m²

Área construída total I Área total construida

21.831,81 m²

Sistema estrutural I Sistema Estructural

Concreto armado convencional e protendido I Hormigón Armado Convencional y Pretensado

Principais materiais I Materiales principales

Concreto, aço, vidro e alumínio I Hormigón, Acero, Vidrio y Aluminio

Modelo 3D I Modelos electrónicos

Ricardo Canton

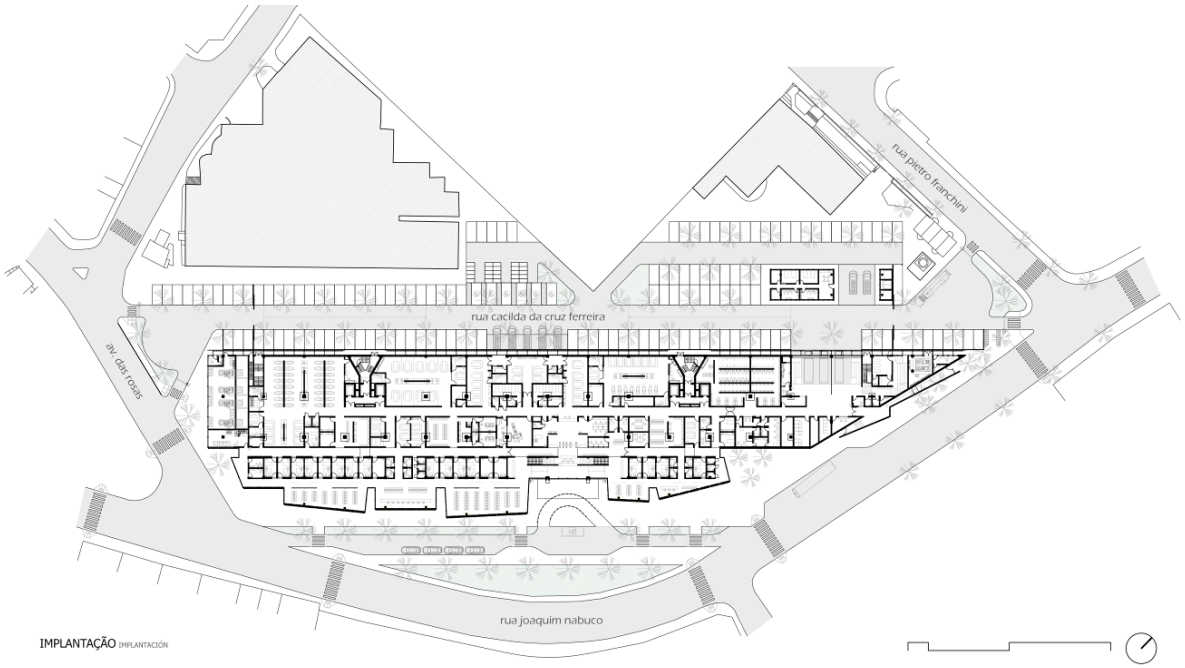
Maquete I Modelo

Triviño Maquetes

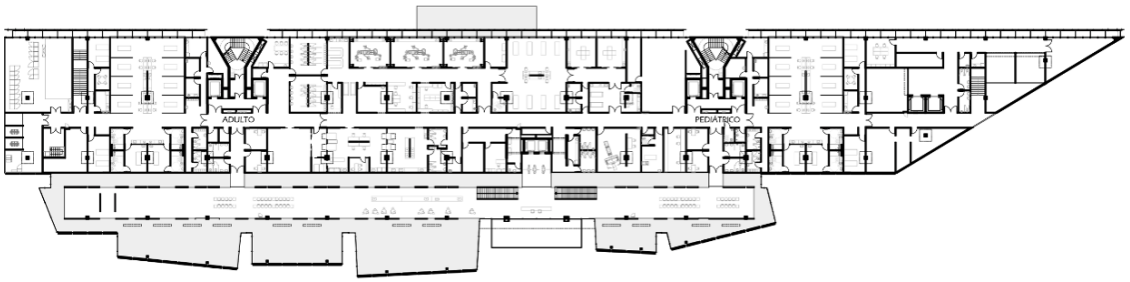
Fotos da obra e fotos da maquete I Fotos de la obra y fotos de la modelo

Nelson Kon

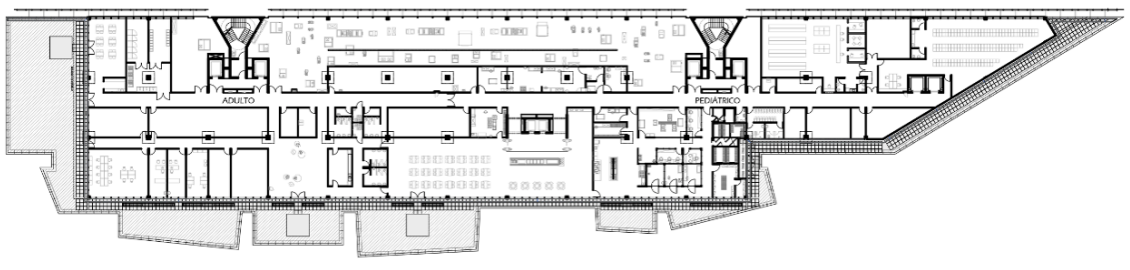
APÊNDICE B – peças gráficas



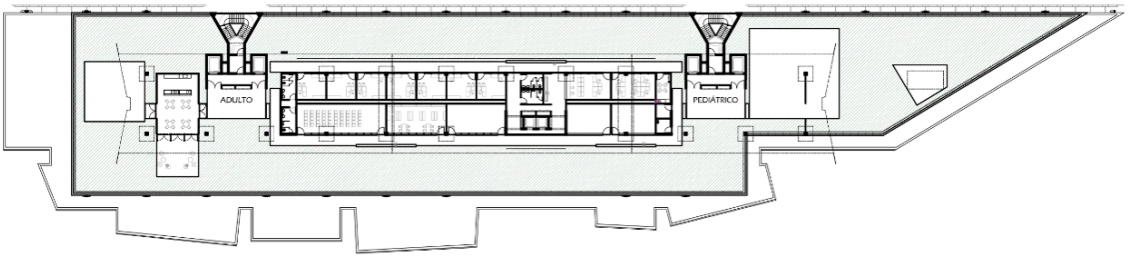
IMPLANTAÇÃO IMPLANTACIÓN



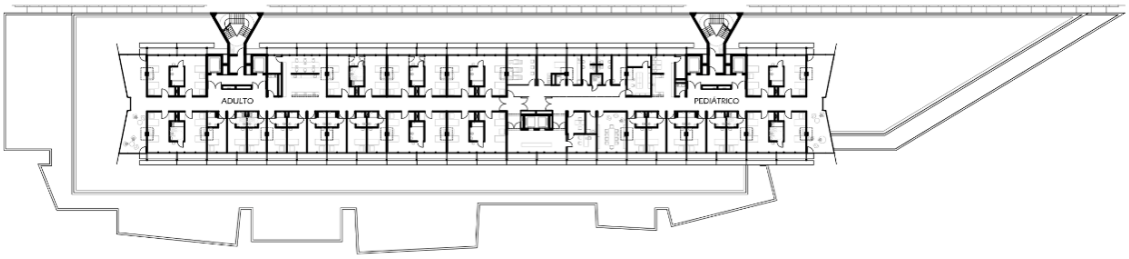
01º PAVIMENTO PRIMER PISO
CENTRO CIRÚRGICO / ESPERA / CAFÉ / OFICINAS CENTRO QUIRÚRGICO / ESPERA / TALLERES



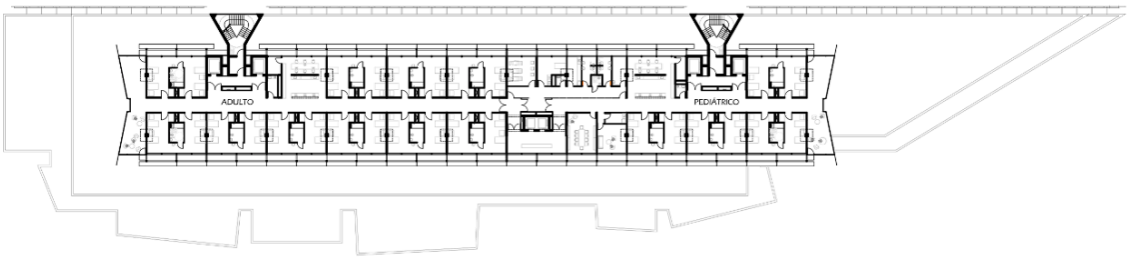
02º PAVIMENTO SEGUNDO PISO
PAVIMENTO TÉCNICO PISO TÉCNICO
NUTRIÇÃO / ALMOXARIFADO / ADMINISTRAÇÃO NUTRICIÓN / DEPÓSITO / ADMINISTRACIÓN



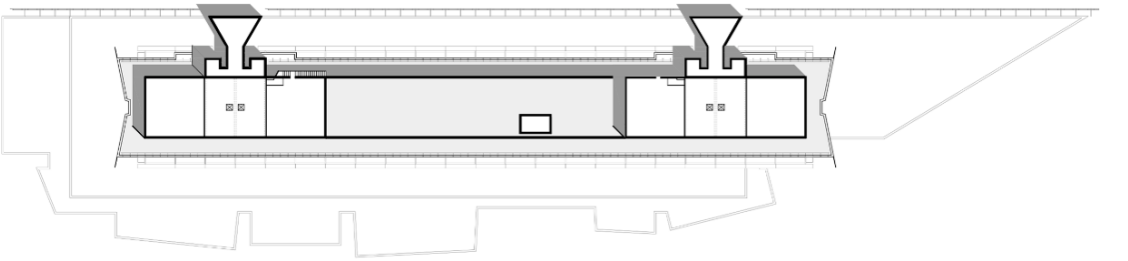
03º PAVIMENTO TERCER PISO
TERRAÇO / DIRETORIA / SALAS DE AULA TERRAZA / JUNTA DIRECTIVA / SALA DE CLASES



04º PAVIMENTO CUARTO PISO
INTERNAÇÃO / ISOLAMENTOS HOSPITALIZACIÓN / AISLAMIENTO



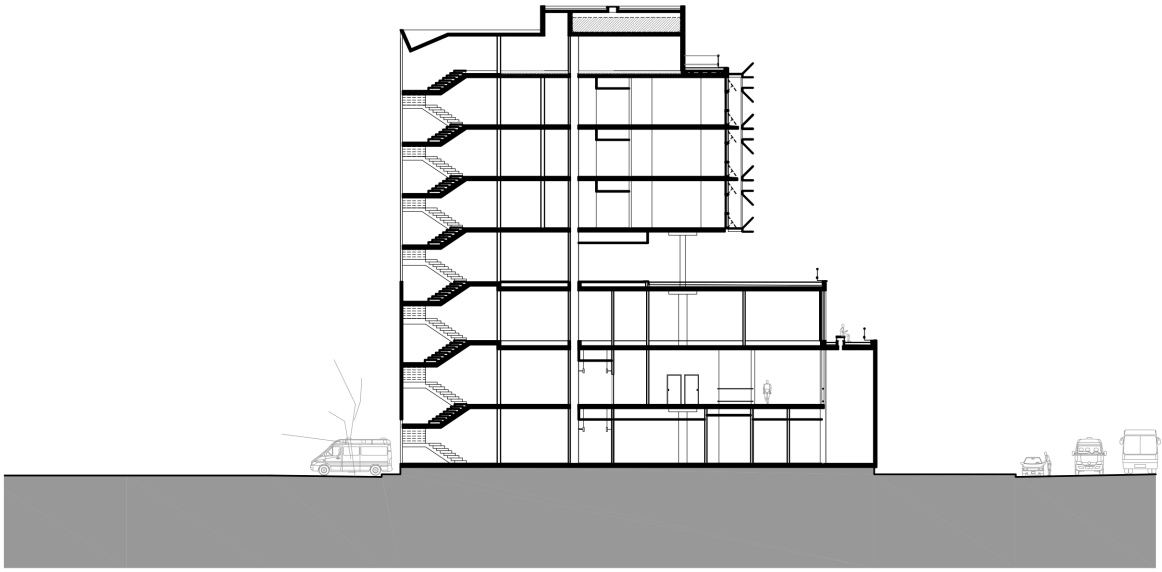
05º PAVIMENTO QUINTO PISO
06º PAVIMENTO SEXTO PISO
INTERNAÇÃO HOSPITALIZACIÓN



COBERTURA COBERTURA



CORTE LONGITUDINAL SECCIÓN LONGITUDINAL



CORTE TRANSVERSAL SECCIÓN TRANSVERSAL

Autores

Angelo Bucci Fundador e diretor do escritório SPBR arquitetos, desde 2003. É professor da FAUUSP, em São Paulo no Brasil, e professor of the practice do MIT, Massachusetts, Estados Unidos. Também lecionou na Argentina, Chile, Equador, Itália, Suíça. Em 2011 foi nomeado membro honorário do Instituto de Arquitetos Americanos.

Sérgio Luiz Salles Souza especialista em arquitetura hospitalar com mais de 30 anos de atuação prática, focado em projetos de alta complexidade para estabelecimentos de saúde. Sua experiência inclui a coordenação de projetos como o Hospital de Urgência de São Bernardo do Campo, onde aplicou princípios de Evidence-Based Design (EBD) para otimizar fluxos assistenciais e reduzir riscos de infecção hospitalar.

IPH

INSTITUTO DE
PESQUISAS
HOSPITALARES
ARQUITETO
JARBAS KARMAN