

## O BIM NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÕES DO HEMOSC UTILIZANDO A CAPTURA DA REALIDADE E O LASER SCANNING

Maria Antunes<sup>(1)</sup>, Lia Bizzo<sup>(2)</sup>, Rafael Silva<sup>(3)</sup>, Eduardo Cortizo<sup>(1)</sup>, Sidnea Ribeiro<sup>(1)</sup>

(1) UFMG, Belo Horizonte

(2) UFSC, Florianópolis

(3) Secretaria do Planejamento do Estado de Santa Catarina

### Resumo

A utilização em larga escala de equipamentos de captura da realidade trouxe para a engenharia e arquitetura novos meios de obter características planialtimétricas fidedignas. Através da nuvem de pontos, gerada por meio da técnica de *Laser Scanning*, tornou-se possível acessar um novo universo de interação com a realidade capturada. O artigo apresenta, como objeto de estudo, a sede do Centro de Hematologia e Hemoterapia de Santa Catarina - HEMOSC, situado na cidade Florianópolis, Brasil. No seu processo de tomada de decisões utilizou-se o *Building Information Modeling* (BIM), atualizando o ciclo de vida da edificação existente. O método aplicado foi a pesquisa construtiva com o objetivo de avaliar o projeto arquitetônico de ampliação do HEMOSC utilizando as ferramentas da plataforma BIM e as informações contidas na nuvem de pontos. Gerou-se a Análise Preliminar de Riscos (APR) e diagnosticou-se que o projeto arquitetônico de ampliação proposto apresenta dificuldades técnicas relevantes na fase de execução da obra, por não haver possibilidade de desocupação parcial da edificação. O artigo contribui demonstrando a importância do uso desta tecnologia aliada ao BIM para as edificações já existentes, inclusive as obras do patrimônio histórico, permitindo-as serem projetadas desde a etapa 3D até a etapa 8D da plataforma.

Palavras Chaves: Nuvem de Pontos. *Laser Scanning*. Realidade capturada. *Building Information Modeling* (BIM). Análise Preliminar de Riscos (APR). Processo de tomada de decisões.

### 1. Introdução

O hemocentro do estado de Santa Catarina (HEMOSC), está localizado na região central da cidade de Florianópolis, Brasil, com entorno urbano caracterizado por edificações de usos residencial, comercial, misto, hospitalar e institucional. A localização do HEMOSC é beneficiada por duas vias locais, uma via local sem saída e uma via arterial, como ilustra a

Figura 1. Inaugurado em 1971, possui atualmente instalações físicas subdimensionadas à sua demanda atual, necessitando da ampliação de sua sede. Sendo assim, o estado de Santa Catarina contratou o desenvolvimento do projeto arquitetônico de ampliação que foi desenvolvido em Autocad 2D. Para avaliar os riscos na fase operacional de execução da obra, o presente estudo utilizará as ferramentas da plataforma BIM, por meio da técnica de *laser scanning* com o objetivo de fundamentar o processo de tomada de decisões: manter o projeto como proposto, manter o projeto proposto inserindo modificações ou desenvolver um novo projeto arquitetônico.

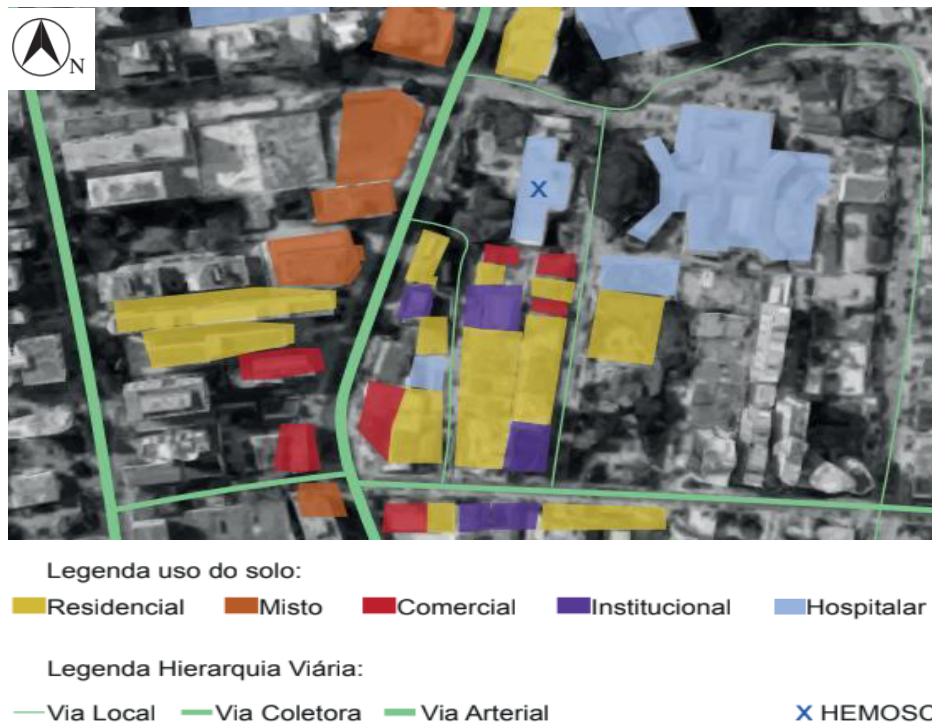


Figura 1: Vista aérea da sede do HEMOSC – Florianópolis/ Santa Catarina/ Brasil [1]

## 2. Captura da realidade

Uma vez que a edificação existente havia sido concluída na década de 1970 e seu acervo técnico estava desatualizado, o *as built* do estado da arte foi elaborado a partir da captura da realidade por meio da técnica de *laser scanning*. Pode-se dizer, neste momento, que atualizou-se o ciclo de vida da edificação na plataforma BIM, projetando-a para a etapa 3D através da manipulação das nuvens de pontos geradas pela técnica. O nível de detalhamento (*level of development*) determinado para o presente estudo foi o LOD 200.

### 2.1 Técnica de Laser Scanning

Os aparelhos de laser scanner, são equipamentos emissores de ondas eletromagnéticas que, ao atingirem uma superfície, determinam sua posição espacial [2] (Giacomin e Gonçalves, 2016) gerando a nuvem de pontos que, por sua vez é caracterizada por um conjunto de coordenadas que representam a superfície externa de um objeto real. Os pontos se identificam, em geral,

como coordenadas x, y, z, e representam a superfície de um objeto. Para o registro dessas imagens utiliza-se o *Iterative Closest Point* (ICP), que é um processo iterativo que estabelece uma relação entre as distâncias entre pontos que compõem as imagens [3] (Besl e McKay, 1992). O algoritmo atua em diversas etapas para encontrar os pontos correspondentes mais próximos entre duas imagens formadas por nuvens de pontos [4] (Rusinkiewicz e Levoy, 2000). O princípio “*time-of-flight*” do aparelho de laser scanner mede o intervalo de tempo entre a emissão do pulso e seu retorno ao mesmo. O feixe do laser é direcionado pelo espelho rotativo, que permite mudanças do ângulo de deflexão em pequenos incrementos. O aparelho utilizado na coleta de dados foi o Trimble TX8 baseado em pulso, com intensidade de retorno de 1.000.000 (pulsos/segundo), sem câmera fotográfica, comprimento de onda de 1,5m, campo de visão de 360° x 317°, espaçamento dos pontos de 11,3 mm e precisão do aparelho menor que 2mm no escaneamento padrão.

## 2.2 Análise preliminar de riscos

As informações contidas nas nuvens de pontos podem ser utilizadas como um grande banco de dados auxiliando na análise preliminar de riscos (APR) para o processo de tomada de decisões. A APR é um estudo de caráter qualitativo, realizado na fase inicial de um sistema ou processo, com o objetivo de determinar os riscos que podem estar presentes na fase operacional do processo [5] (CICCO; FANTAZZINI, 2003). Assim, torna-se possível o gerenciamento do processo de projeto envolvendo decisões e formulações que visam subsidiar a criação e a produção de um empreendimento, partindo desde a montagem da operação imobiliária, passando pela formulação do programa de necessidades e do projeto do produto até o desenvolvimento da produção [6] (FABRICIO, 2002).

## 3. Metodologia

Diante da necessidade de ampliação das instalações da sede do HEMOSC, um novo projeto arquitetônico com acréscimo de área foi desenvolvido em Autocad 2D, contemplando dois blocos. O primeiro bloco é caracterizado por uma torre de sete pavimentos tipo e um subsolo. O segundo bloco é composto por dois subsolos destinados a garagem de veículos, posicionados sob a edificação já existente. O laboratório de pesquisas BIM de Santa Catarina (LaBIM) [1] tomou o projeto de ampliação, como objeto de estudo, promovendo o gerenciamento de processos de projetos. No primeiro momento, atualizou-se o ciclo de vida da edificação existente através do estado da arte, *as built*, por meio da técnica de *laser scanning*. Foram geradas as nuvens de pontos, obtendo-se um cenário de alta precisão que referenciou todo o seu entorno urbano, a topografia do terreno, a vegetação existente e a infra estrutura local. No segundo momento, desenvolveu-se o modelo arquitetônico 3D da edificação existente e posteriormente, o detalhamento de seus usos internos específicos. Concluiu-se que devido as suas instalações complexas, semelhantes às instalações hospitalares, o hemocentro não teria condições de interromper o seu atendimento a população durante a fase de execução de obras.

O método utilizado nesta pesquisa foi o estudo de caso aliado a pesquisa construtiva uma vez que tomou-se o projeto arquitetônico de ampliação, como objeto de estudo, e ainda não se sabe se será o projeto será executado ou não. Com o objetivo de fundamentar a pesquisa, utilizou-se também, os princípios básicos da engenharia simultânea e o gerenciamento do

processo de projeto, para a análise dos riscos relacionados a fase de execução da obra e suas possíveis consequências para o hemocentro, considerando sua atividade constante.

### 3.1 Coleta de dados

Realizou-se por meio da técnica de *laser scanning* a coleta de dados da sede do HEMOSC em três dias consecutivos, no período de 05 a 07/04/2016 utilizando cenas referenciadas com *targets*. A condição do tempo era de céu claro, o que facilitou o levantamento, não sendo necessário o retorno da equipe ao local, para esclarecimentos. O equipamento utilizado nas cenas externas, alcançava até 4200 pontos a cada 10cm<sup>2</sup> [7]. Após a captura da realidade, geraram-se as nuvens de pontos, como ilustra a Figura 2, que posteriormente foram processadas por meio de software BIM, caracterizando o estágio *start* da plataforma, o Pré BIM.

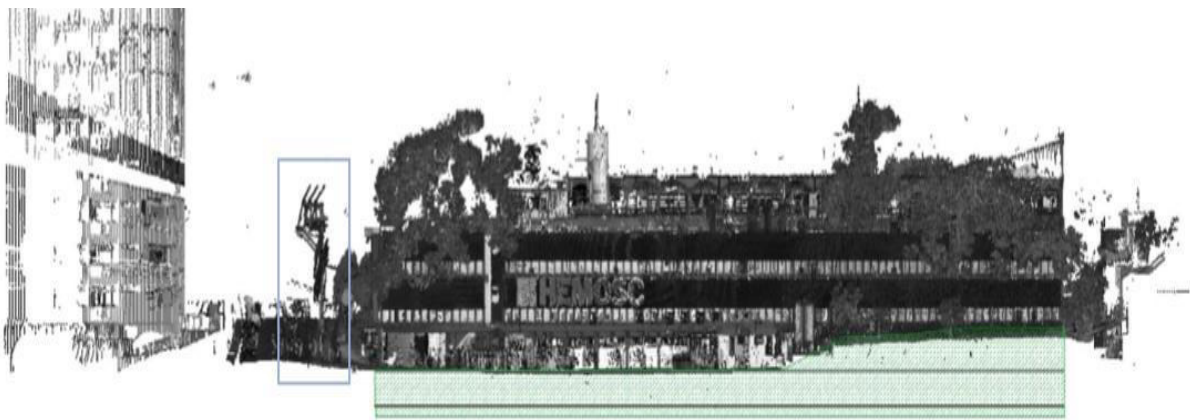


Figura 2: Nuvem de pontos da fachada oeste da sede do HEMOSC [1]

A partir do processamento das nuvens de pontos, desenvolveu-se o modelo arquitetônico *as built* da edificação já existente utilizando o software Archicad 20, como ilustra a Figura 3. Inicia-se, o primeiro estágio da plataforma, o BIM 1, caracterizado pela “Modelagem”.

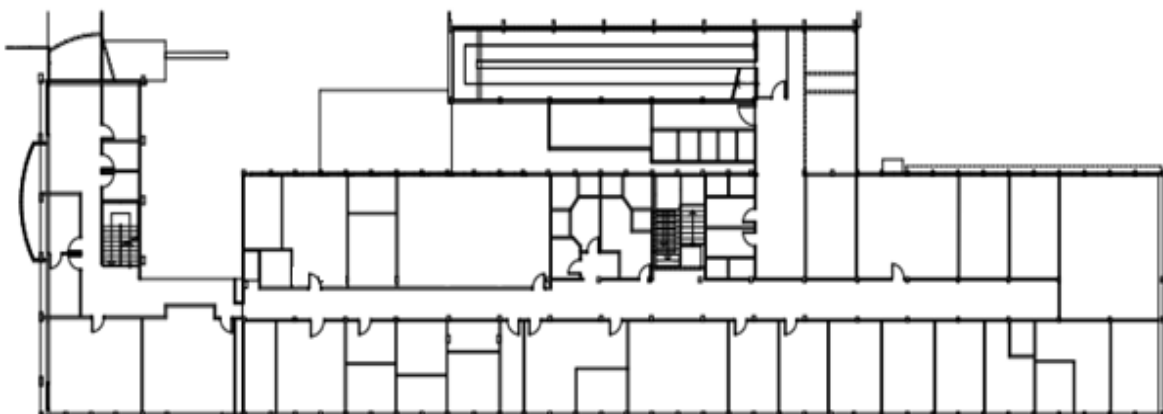


Figura 3: Planta baixa do terceiro pavimento da sede do HEMOSC [1]

Pode-se afirmar que o estado da arte da edificação existente foi projetado para a etapa 3D da plataforma BIM. Neste momento, a “linha do tempo” da edificação que foi concluída em 1971 fica atualizada para 2017 e passa a ter acesso a um novo universo de ferramentas, podendo evoluir para as etapas seguintes da plataforma BIM, como a 6D, 7D e 8D. As nuvens de pontos foram também utilizadas como banco de dados, revelando informações para execução do projeto proposto como: volume de desaterro e suas consequências como contenções e possíveis reforços estruturais, movimento de terra e bota-fora, vegetação de grande porte a ser suprimida, remanejamento de instalações como cilindro de hidrogênio, redes elétricas de baixa e alta tensão, tráfego de veículos e equipamentos de grande porte no canteiro de obra além do entorno urbano (vias públicas e vizinhanças limítrofes), como ilustram as Figuras 4 e 5. Baseando-se nestes dados, desenvolveu-se um questionário para a empresa especializada em fundações. O envolvimento deste novo agente na gestão de processo de projeto se fez necessário, na etapa preliminar de projeto, para avaliar os possíveis impactos causados a edificação já existente por ocasião da execução do novo projeto. Inicia-se então, o segundo estágio da plataforma, o BIM 2 “Colaboração”.

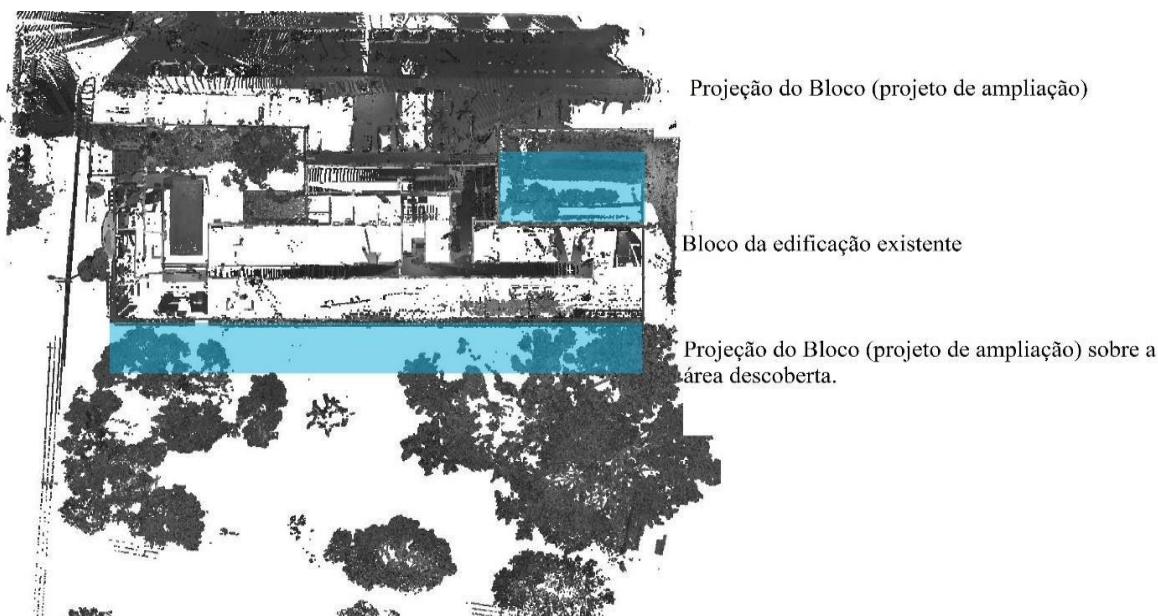


Figura 4: Nuvem de pontos da planta de situação da sede do HEMOSC e as novas projeções propostas pelo projeto arquitetônico de acréscimo de área, indicadas na cor azul [1]

Embora não seja possível estabelecer uma correlação exata com as fases de desenvolvimento tipicamente realizadas no Brasil, a padronização de LOD (*level of development*) amplia o entendimento do conceito [8]. Nessa conformidade, desenvolveu-se o modelo no LOD 200 de acordo com o padrão da AIA (*American Institute of Architects*) [9], constituído por sistemas genéricos com possibilidade de obter quantidades aproximadas, tamanhos, formas, localização e orientação dos principais elementos, como ilustra a Figura 5.



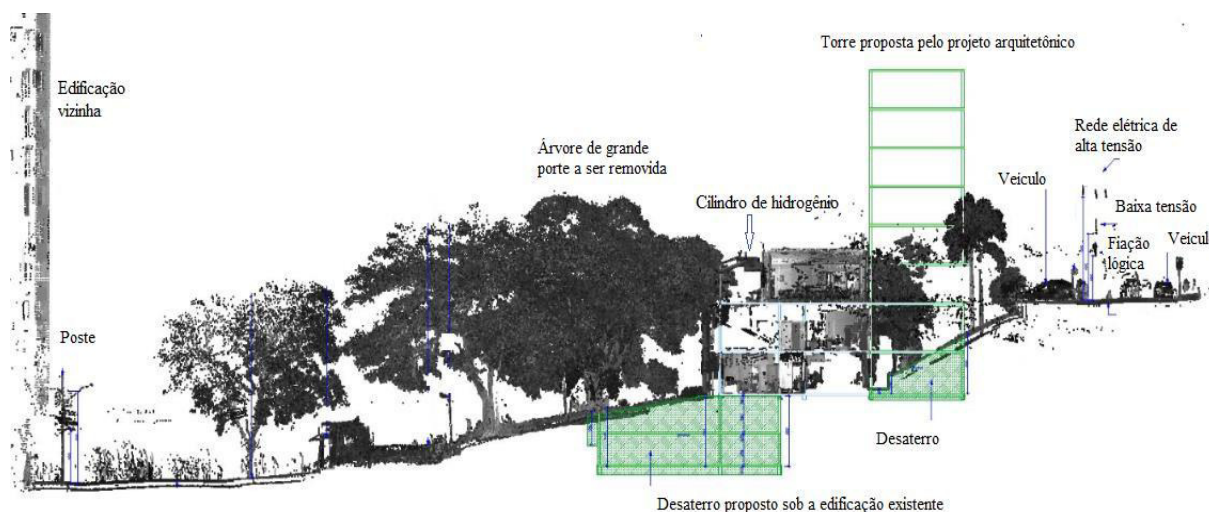


Figura 5: Corte longitudinal da nuvem de pontos do HEMOSC com indicação do desaterro gerado pelo projeto proposto, indicado na cor verde [1]

#### 4. Desenvolvimento

A partir do modelo 3D da edificação existente, as projeções da nova edificação proposta e as nuvens de pontos, formatou-se o cenário de implantação do canteiro de obras para análise preliminar de riscos, APR. A tecnologia BIM aliada aos processos de gestão e as políticas normativas do segmento da saúde, configuram os grupos interloctores.

##### 4.1 Análise dos dados geotécnicos

O questionário enviado juntamente com as nuvens de pontos geradas pela captura da realidade foi respondido pelo engenheiro civil André Lobato de Paula [10] representante da empresa Tecgeo - Sondagens e Fundações, situada em Belo Horizonte/ Minas Gerais- Brasil. Essas respostas do questionário fomentaram o estudo de gerenciamento do processo de projetos do HEMOSC.

Sobre a execução de escavações sob a edificação existente o engenheiro afirma que:

...se faz necessária a execução de refundação do prédio, podendo tornar a solução extremamente onerosa dependendo das fundações existentes. Por questões de segurança, a solução pode se tornar inviável caso as instalações em uso não possam ser desocupadas. [10]

Quanto a movimentação de terra e equipamentos de perfurações o engenheiro destaca que:

Os serviços de movimentação de terra e perfurações envolvem equipamentos pesados, gerando ruídos e suspensão de partículas. Devem ser tomadas medidas para minimizar os impactos gerados, tais como implantação de sistema de vedação do edifício em funcionamento. Para minimizar tais impactos são sugeridos equipamentos de perfuração hidráulicos com baixo nível de ruído e vibração. [10]

#### 4.2 Análise da APR

Baseando-se no laudo, desenvolveu-se a APR (Anexo 1) em seis cenários. Cada um deles referenciando-se das etapas de obras de contenção de terra e fundações, na fase de execução da obra, baseado no projeto proposto. Foram analisados os riscos nesta fase, na escala de quatro níveis (desprezível a crítico) expostos a quatro graus de severidade (I a IV) e combinados a cinco graus de frequência (A a E). O resultado da análise das possíveis combinações é ilustrada no Anexo 1, sendo (4/6) cenários preocupantes, onde dois cenários (2/6) são críticos (grau de severidade III e IV), um cenário (1/6) é sério (grau de severidade III) e um cenário (1/6) é moderado (grau de severidade I). Com esse resultado optou-se por um estudo mais profundo dos setores em atividade do hemocentro. Desenvolveu-se um mapeamento detalhado por pavimento da edificação existente, avaliando as respectivas representatividades percentuais por setor de atividade, como ilustram as Figuras 6 e 7. Desta forma, torna-se possível diagnosticar as consequências geradas para cada atividade do hemocentro, além de identificar soluções e fundamentar eficientemente, o processo de tomada de decisões.

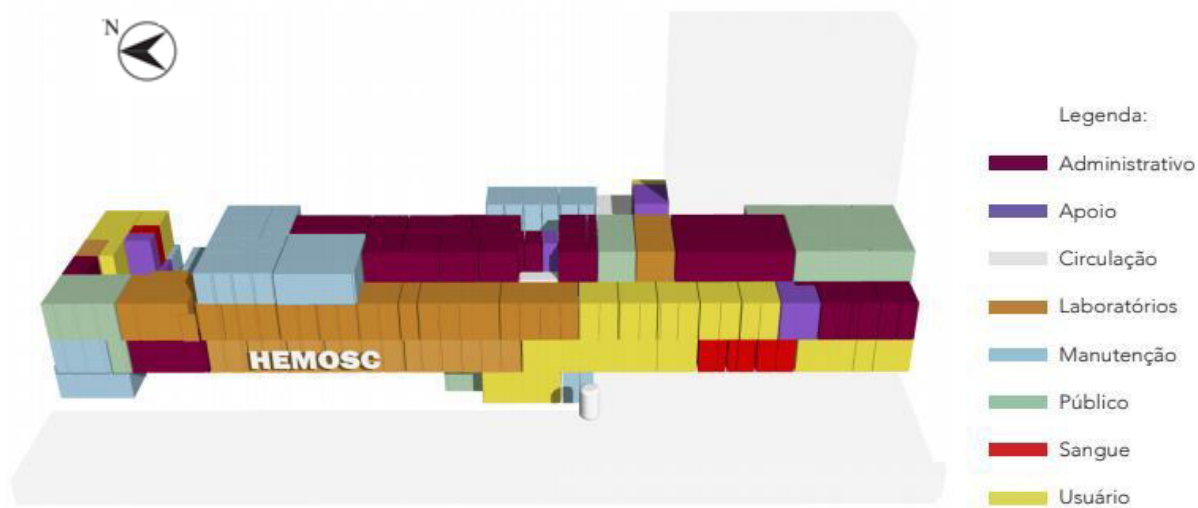


Figura 6: Mapeamento das áreas em uso e suas funções na sede do HEMOSC [1]

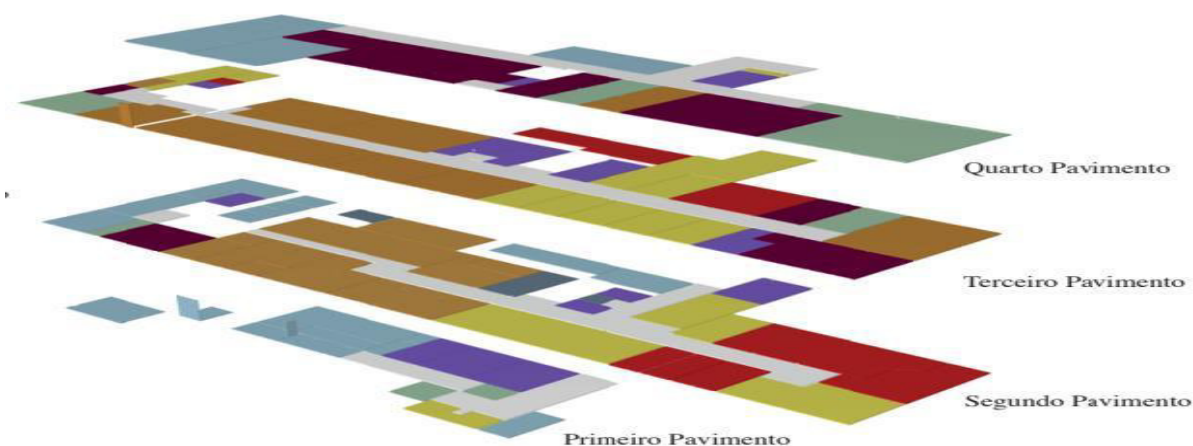


Figura 7: Mapeamento isométrico na sede do HEMOSC, por pavimento [1]

A partir do mapeamento da edificação em uso, foram somadas as áreas de mesma categorias, que seriam afetadas pela execução do projeto arquitetônico de acréscimo de área proposto. Como ilustrado na Figura 8, as áreas destinadas ao usuário representaram (26%), coleta de sangue (19%), atendimento ao público (12%) e laboratórios (7%). Desta forma, 64% da área total da sede representam atividades vitais para o funcionamento do hemocentro.

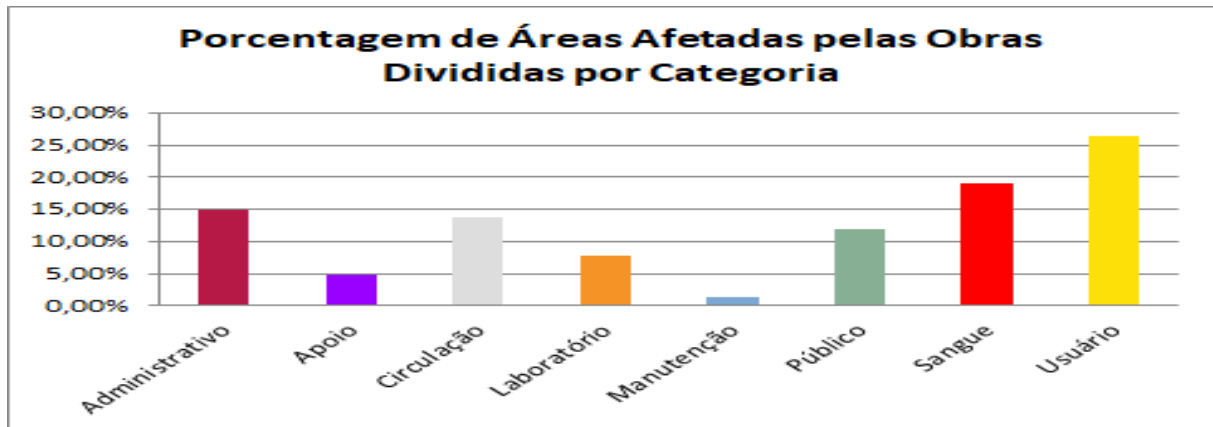


Figura 8: Porcentagem das áreas do HEMOSC de acordo com o uso afetadas pelas obras de fundação [1]

O mapeamento de atividades aliado ao modelo classifica o nível de detalhamento LOD 200 ao objeto de estudo, como ilustra a Figura 9.

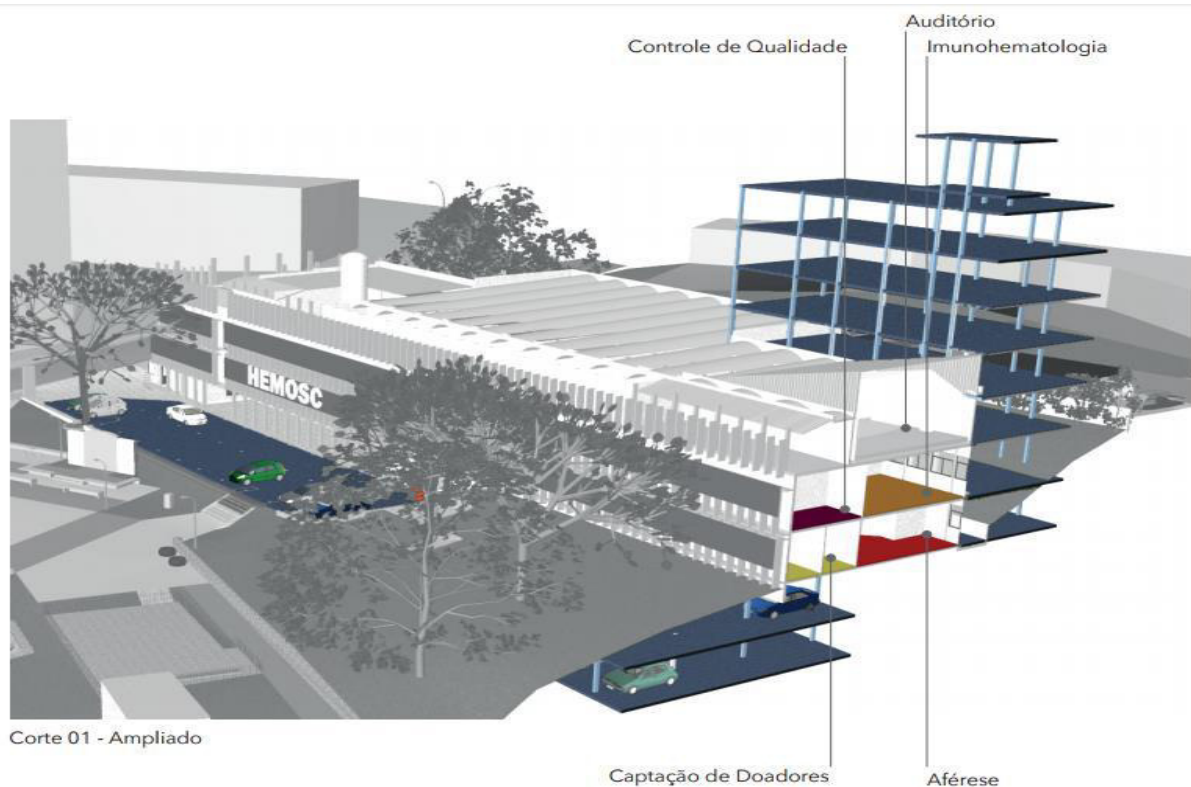


Figura 9: Corte longitudinal do modelo 3D desenvolvido no LOD 200 [1]



## 5. Conclusão

Após o processamento das informações contidas nas nuvens de pontos e gerenciamento de processo de projetos com a inclusão dos agentes envolvidos, devidamente fundamentados nas respostas do questionário da empresa especializada em fundações e APR, concluiu-se que seria prudente abortar o projeto arquitetônico de acréscimo de área proposto por representar elevado risco de acidentes aos usuários do hemocentro na fase de execução de obra, em função do hemocentro não oferecer condições de interromper suas atividades.

A construção do novo bloco destinado aos dois subsolos sob a sede do HEMOSC, geraria um grande volume de escavação e conseqüentemente, contenções e possíveis intervenções de reforço estrutural da edificação em uso. Sem a possibilidade de desocupação provisória do hemocentro, aliado a restrita configuração viária de seu entorno urbano, seria grande a dificuldade para escoamento do bota-fora. Além do desconforto acústico e ambiental causados aos setores da edificação, em uso constante, e para as demais edificações presentes, de uso hospitalar, no entorno do canteiro de obras. Ressalta-se ainda que, a edificação possui grande área descoberta remanescente sugerindo uma possível solução, com a implementação de um novo projeto de acréscimo na fachada norte da sede do HEMOSC. Neste caso, menos impactante pelo fato desta fachada ser limítrofe sobretudo, as áreas de uso administrativo e de manutenção da edificação existente.

## Referências

- [1] SANTA CATARINA (Estado). Secretaria do Estado do Planejamento - LaBIM. HEMOSC Projeto de Ampliação: Florianópolis, 2017.
- [2] GIACOMIN, Isabella, GONÇALVES, Fátima - "Da captura da Realidade a Gestão: Soluções em laser scanner - Trimble", Segundo Seminário Regional Sul de BIM (2016), disponível em <<http://www.spg.sc.gov.br/visualizar-biblioteca/acoes/comite-de-obras-publicas/seminario-bim/739-laser-scanner-trimble/file>> Acesso em 31 janeiro 2018
- [3] BESL, Paul J. ; MCKAY, Neil D. (1992) Method for registration of 3-D shapes
- [4] RUSINKIEWICZ, S.; LEVOY, M. Third International Conference on 3D Digital imaging and Modeling, 2011 Quebec City / Quebec - Canada
- [5] CICCIO, Francesco; FANTAZZINI, Mário L. Tecnologias consagradas de gestão de riscos. 2 ed. São Paulo: Risk Tecnologia Editora, 2003
- [6] FABRICIO, Marcio M. "POR UM PROCESSO DE PROJETO SIMULTÂNEO" (2002)
- [7] TRIMBLE INC., Disponível em <<https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions>> acessado em 17 ago. 2017
- [8] CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Fundamentos BIM - Parte 1: Implantação do BIM para construtoras e incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção.- Brasília: CBIC, 2016.
- [9] AIA (2013) Level of development specification version: 2013. Disponível em <<http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>>
- [10] PAULA, André L. (TECGEO Sondagens e Fundações, Belo Horizonte/MG). PDFs do HEMOSC [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[andre@tecgeo.com.br](mailto:andre@tecgeo.com.br)> em 17 ago. 2017.

Anexo 1: Tabela de Análise Preliminar de Risco (APR) na etapa de execução de obras de terra e fundações [5]

Obras de Contenção de Terra e Fundações									
Etapa do Processo	Perigo	Causas	Modos de Detecção	Efeitos	Categorias			Recomendações	Nº do Cenário
					Frequência	Severidade	Risco		
Inserimento das máquinas no canteiro, esvaziamento do bota fora	Atropelamento	Impugnância do motorista; Excesso de velocidade; Falhas mecânicas; Destacção dos pedestres	Análise visual das vias de transportes, sinalização e níveis de velocidade dos veículos;	Danos Materiais; Perdas de Equipamentos; Lesões; Fritas aos Trabalhadores; Parada do Processo; Etc.	E	III	Critico	Sinalizar bem as vias; Orientar tanto os motoristas quanto os demais trabalhadores quanto a atenção durante todo o processo; Inspeções regulares nos veículos; etc	1
Inserimento das máquinas no canteiro do cabeamento	Rompimento do cabeamento	Cabeamento aéreo de cota baixa	Medição da distância entre o cabeamento e o chão	Falta de serviço de internet no entorno	C	I	Desprezível	Fazer levantamento do cabeamento por equipe especializada	2
Manutenção das máquinas no canteiro	Atolamento de máquinas	Solo pouco resistente / chuvas prolongadas	Avaliação da sondagem do terreno	Impedimento das máquinas circularem no terreno	B	I	Desprezível	Fazer adaptações no terreno para as máquinas circularem com facilidade	3
Comço das escavações da TORRE	Desabamento de solo	Escavação de grande volume de terra em área íngreme	Avaliação da topografia e da sondagem do terreno	Rompimento de canos subterráneos e danos na rua Imã Benwarda	D	III	Sério	Execução de estruturas de contenção devido ao desabamento	4
Comço das escavações da GABAGEM	Danos na estrutura do edifício	Escavação de grande volume de terra sob edificação existente	Avaliação das fundações em relação à área escavada	Comprometimento da segurança do prédio	E	IV	Critico	Execução de retundação do prédio	5
Durante toda a obra	Interrupção das atividades no HEMOSC	Execução da obra em horário comercial	Planejamento da obra	Falta de distribuição/transfusão de sangue no Estado	E	I	Moderado	Realizar as obras fora do horário comercial	6
<b>Categorias de Frequência dos cenários da APR</b>									
<b>Categorias de Severidade dos cenários da APR</b>									
A	Extremamente Remota	Extremamente Improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação	I	Desprezível	Não ocorrem mortes ou lesões de funcionários, de terceiros (não funcionários) ou de pessoas extra muros (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor				
B	Remota	Não deve ocorrer durante a vida útil da instalação	II	Marginal	Lesões leves em funcionários, terceiros e/ou em pessoas extramuros				
C	Improvável	Pouco provável que ocorra durante a vida útil da instalação	III	Critica	Lesões de gravidade moderada em funcionários, em terceiros e/ou em pessoas extramuros (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou de terceiros); exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe				
D	Provável	Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação	IV	Catastrófica	Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (em funcionários e/ou em pessoas extramuros);				
E	Frequente	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil da instalação							