

EFEITO DA VARIABILIDADE DE CHEGADAS NO TEMPO DE FLUXO EM UM *FLOWSHOP* PARALELO: simulação e *benchmarking* interno utilizando a abordagem *Factory Physics* em um hospital de câncer

Alunos: Guilherme Henrique Rosa do Santos, Mariana Dias, Paola Savordelli Pinotti, Sabrina Carrelas Derriti, Victor Barwinski de Souza
Orientador: Dr. Marcel Heimar Ribeiro Utiyama | mutiyama@fei.edu.br

INTRODUÇÃO

A contextualização do estudo pode ser explicada por 3 fatores principais noticiados nos últimos anos: o aumento de pacientes com doenças crônicas não transmissíveis no Brasil, a exemplo do câncer; o crescimento da demanda por serviços hospitalares em linha com o aumento da expectativa de vida, dada a ampliação da faixa das pessoas mais idosas; e, conseqüentemente aumento das despesas do setor.

Todos estes fatores evidenciam a oportunidade de se aplicar ferramentas do setor produtivo no hospitalar contribuindo para um controle gerencial de desempenho dos hospitais com base em métricas a fim de melhorar a sua performance de atendimento ao paciente.

Neste cenário, a pergunta problema que o estudo busca responder é: **“Como a variabilidade de chegadas afeta o tempo de fluxo de pacientes em um *flowshop* paralelo de um hospital especializado em câncer?”**

704 Mil casos de câncer por ano são estimados no Brasil até 2025; (INCA, 2022).

➔ **Importância** para a detecção precoce da doença, já que as chances de cura aumentam com a agilidade no processo de exames e no diagnóstico do paciente; (INCA, 2021).

+ **Complexidade da análise:** *flowshop* indica considerar múltiplos fluxos de pacientes que entram em um mesmo setor, mas que podem percorrer inúmeros caminhos diferentes.

OBJETIVO

O objetivo central deste trabalho é: “Entender o efeito da variabilidade de chegadas no tempo de fluxo de pacientes de câncer em um *flowshop* paralelo”. Para o atingimento desse objetivo é feita uma modelagem e simulação e os resultados são verificados utilizando a análise de *benchmarking* interno, que visa comparar os resultados obtidos na simulação com os resultados teóricos de desempenho.

Adicionalmente, surgem os seguintes objetivos específicos para o entendimento do processo hospitalar analisado e dos diferentes fluxos do *flowshop* paralelo:

- I. Definir, selecionar e analisar a base de dados do fluxo estudado;
- II. Modelar o fluxo hospitalar escolhido no *software* de simulação;
- III. Estudar os processos por meio de cenários modelados;
- IV. Utilizar a análise de *benchmarking* interno para avaliar o hospital e propor recomendações.

METODOLOGIA

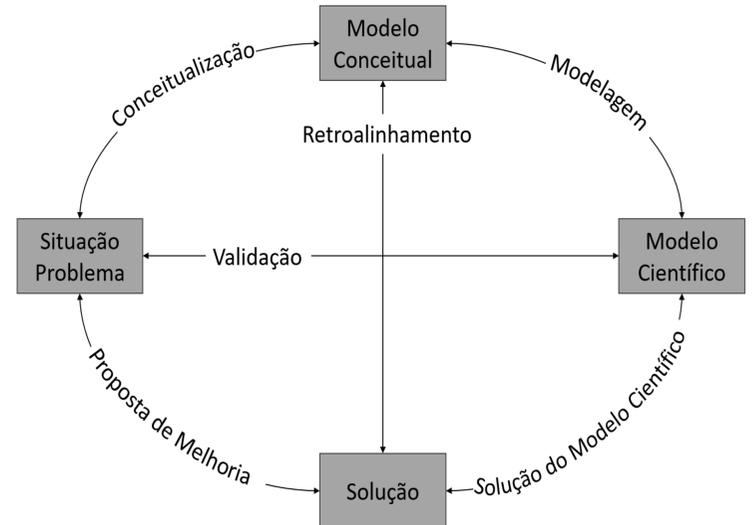
Figura 1 - Detalhamento da pesquisa

Aspecto para classificação	Tipos de Pesquisa
Finalidade	Pesquisa aplicada
Natureza da pesquisa	Pesquisa quantitativa
Objetivo	Pesquisa exploratória
Método de pesquisa	Modelagem e simulação no <i>software ProModel</i>
Procedimento técnico	Análise de dados e observação <i>in loco</i>

Fonte: Autores.

Em relação ao uso de simulação em pesquisa científica, foi utilizado o modelo de Mitroff (1974) apresentado na figura 2, e utilizado como base para operacionalização do modelo.

Figura 2 – Modelo de pesquisa para simulação



Fonte: Adaptado de Mitroff *et al.*, 1974

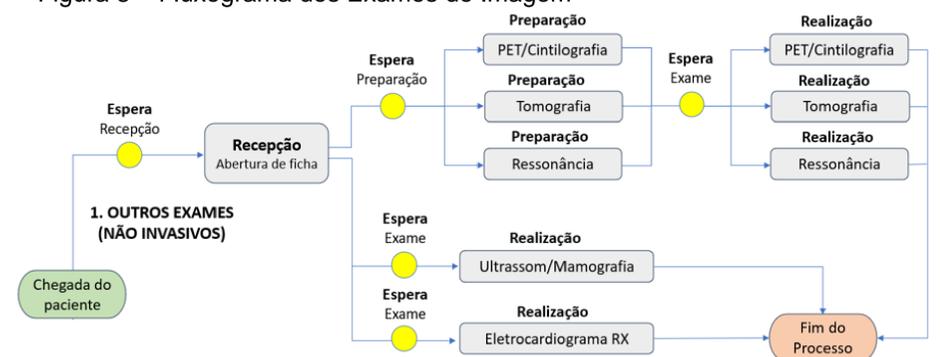
Na figura 2, Mitroff apresenta quatro elementos de modelo de pesquisa para simulação: Modelo conceitual, Modelo científico, solução e situação problema, que estão conectados por quatro fases, passando por Conceitualização, Modelagem, Solução do Modelo Científico e Proposta de Melhoria.

CAMPO DE ESTUDO

O local de estudo é o setor de exames de imagem em um hospital de oncologia, referência em ensino, pesquisa e tratamento multidisciplinar, com mais de 60 anos de atuação e, atualmente, possui 5 unidades na cidade de São Paulo. A instituição atende mais de 50 tipos de câncer na unidade analisada.

Este setor é exemplificado na figura 3, representando as principais etapas em que um paciente é submetido ao realizar exames de imagem, desde a sua chegada até o fim do processo, levando em consideração as salas de espera existentes e os fluxos apresentados.

Figura 3 – Fluxograma dos Exames de Imagem



Fonte: Autores.

Conforme a figura 3, foram considerados cinco fluxos diferentes do setor de exames de imagem: Ultrassom/Mamografia, PET CT/Cintilografia, Tomografia, Ressonância e Eletrocardiograma/RX.

EFEITO DA VARIABILIDADE DE CHEGADAS NO TEMPO DE FLUXO EM UM FLOWSHOP PARALELO: simulação e *benchmarking* interno utilizando a abordagem *Factory Physics* em um hospital de câncer

Alunos: Guilherme Henrique Rosa do Santos, Mariana Dias, Paola Savordelli Pinotti, Sabrina Carrelas Derriti, Victor Barwinski de Souza
Orientador: Dr. Marcel Heimar Ribeiro Utiyama | mutiyama@fei.edu.br

SÍNTESE DA SITUAÇÃO PROBLEMA

Observações realizadas *in loco* junto com a análise dos dados

- Dificuldade em lidar com a variabilidade;
- Necessidade de ajustar a capacidade dos recursos para reduzir tempos de espera;
- Horários de pico concentrados em uma faixa específica, com variação de pacientes por dia da semana;
- Alta variabilidade e horários de pico resultam em tempo de abertura de ficha acima da métrica estabelecida (30% dos casos);
- Complexidade na gestão do *flowshop* paralelo, com múltiplos fluxos de exames simultâneos.

Diante deste panorama

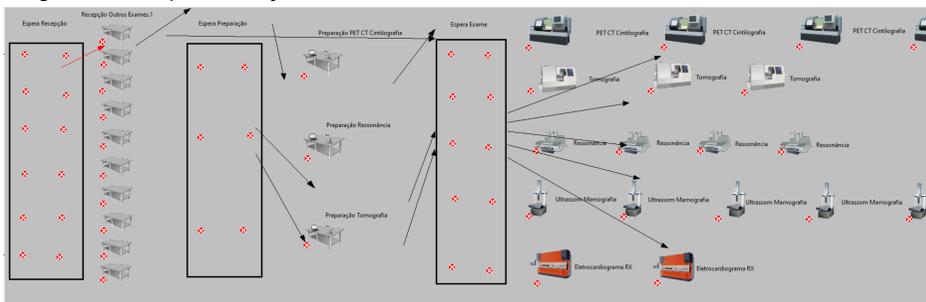
- Desenvolvimento de um modelo de simulação abrangente, considerando todos os aspectos do processo de exames de imagem;
- Utilização da abordagem *Factory Physics* para análise de desempenho e melhoria do fluxo de trabalho.



MODELAGEM NO PROMODEL

O modelo científico é representado pelo *software ProModel* na figura 4, e demonstra esquematicamente os locais e os fluxos que cada paciente percorre durante a simulação. Ressalta-se que o modelo científico criado representa um *flowshop* com máquinas em paralelo com múltiplos fluxos. Assim, são avaliados a gestão de fluxos de pacientes e o efeito das variabilidades de chegadas, o tempo de processamento na taxa de saída, *lead time* e taxa de bloqueio.

Figura 4 – Representação do modelo



Fonte: Autores.

MODELO CIENTÍFICO - CENÁRIOS

A fim de atingir o objetivo desse trabalho, são propostos 4 cenários:

- **Cenário I - *Baseline*:** Consiste na realização da simulação considerando os dados fornecidos pelo hospital assumindo disponibilidade de 100% dos recursos hospitalares;
- **Cenário II - *Crítico*:** Representação do horário de pico vivenciado pelo hospital;
- **Cenário III - *Reagendamento*:** Redução da variabilidade de chegadas através da redistribuição da taxa de chegadas dos pacientes;
- **Cenário IV - *Salas de Exame*** (Reagendamento e redução de salas): Redução das salas de exame após o reagendamento dos pacientes.

FACTORY PHYSICS

A abordagem denominada como *Factory Physics* desenvolvida por Hopp e Spearman (2013) possui como base o método científico para compreender e criar leis que possam ser utilizadas em ambientes fabris, além de permitir a utilização de seus conceitos e princípios em qualquer ambiente de gestão que se encaixe de acordo com suas especificidades.

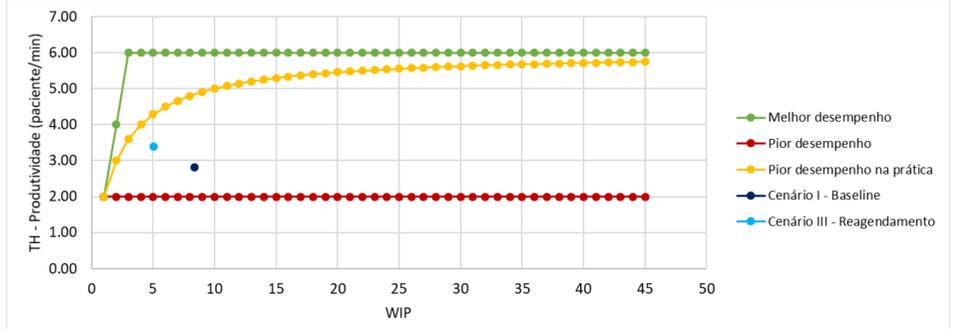
A abordagem do *Factory Physics* explicita a relação existente entre o trabalho em andamento (WIP), o *cycle time* (CT) e a produtividade (throughput - TH), sendo esta conhecida como “Lei de Little”, conforme a fórmula: $WIP = TH \cdot CT$

BENCHMARKING INTERNO

Ao analisar os gráficos de TH x WIP por exame, é possível observar em qual região das curvas encontram-se os cenários I e III (*Baseline* e Reagendamento) desenvolvidos, visto que são as comparações entre o cenário real e o cenário em que foram obtidos os melhores resultados de *lead time*, produtividade e porcentagem de bloqueio.

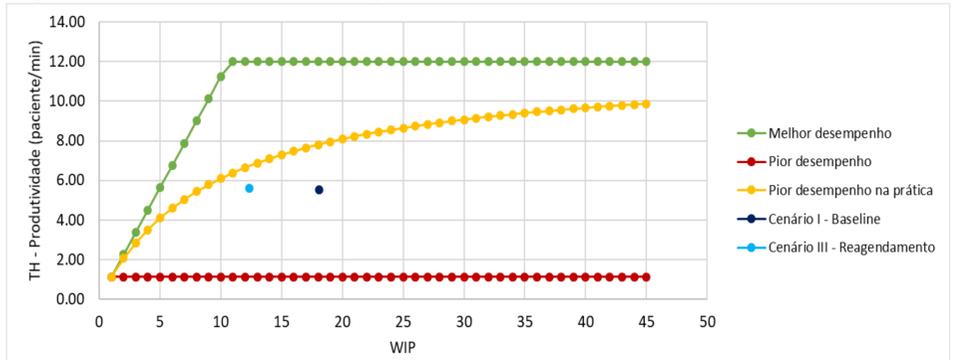
Devido à similaridade dos resultados em 4 dos 5 exames, nas figuras 5, 6, 7 e 8, é possível observar o desempenho dos Cenários I e III nos gráficos dos exames Eletrocardiograma/RX, Ressonância, Tomografia e PET CT/Cintilografia.

Figura 5 – TH x WIP Eletrocardiograma/RX



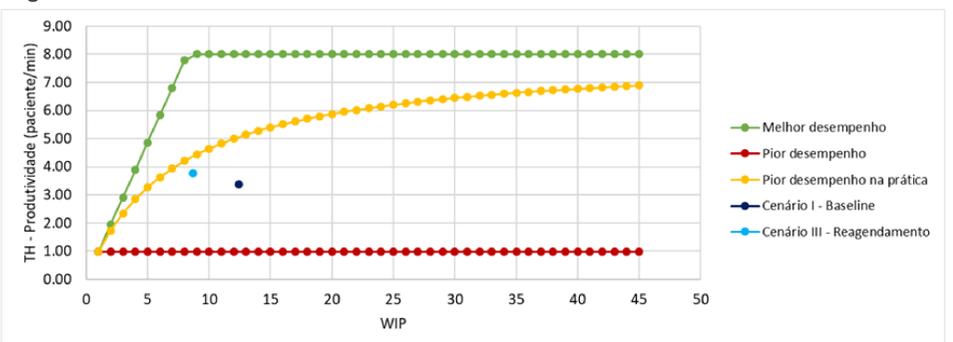
Fonte: Autores.

Figura 6 – TH x WIP PET CT/Cintilografia



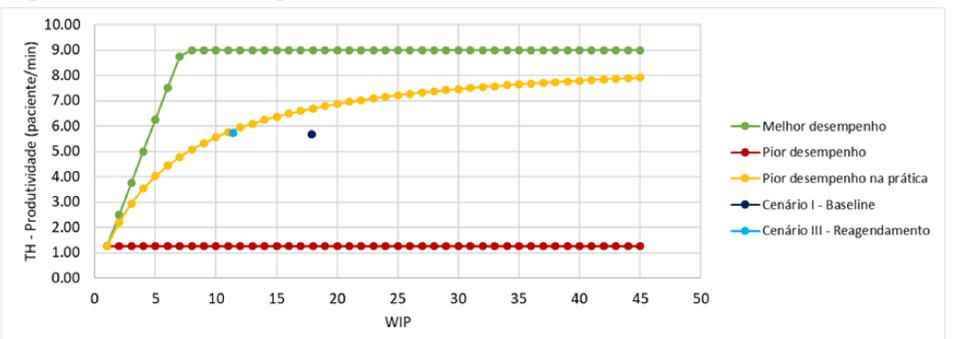
Fonte: Autores.

Figura 7 – TH x WIP Ressonância



Fonte: Autores.

Figura 8 – TH x WIP Tomografia



Fonte: Autores.

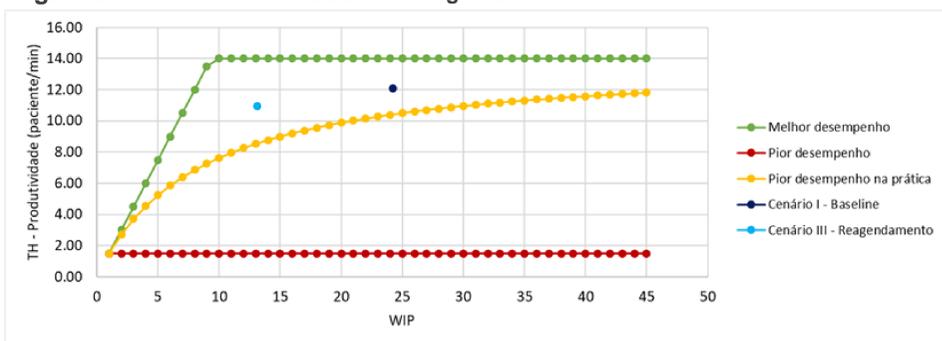
EFEITO DA VARIABILIDADE DE CHEGADAS NO TEMPO DE FLUXO EM UM FLOWSHOP PARALELO: simulação e *benchmarking* interno utilizando a abordagem *Factory Physics* em um hospital de câncer

Alunos: Guilherme Henrique Rosa do Santos, Mariana Dias, Paola Savordelli Pinotti, Sabrina Carrelas Derriti, Victor Barwinski de Souza
Orientador: Dr. Marcel Heimar Ribeiro Utiyama | mutiyama@fei.edu.br

Nota-se que o desempenho dos exames é similar. Ambos os cenários encontram-se na região entre as curvas de pior desempenho e pior desempenho na prática (região ruim), demonstrando que o hospital, quando abordado o fluxo de exames de imagem, mesmo com o cenário de reagendamento, ainda não atinge os índices ideais.

Em relação ao Ultrassom/Mamografia, pela figura 9, nota-se que este exame foi o único em que ambos os cenários se encontram na região boa de desempenho.

Figura 9 – TH x WIP Ultrassom/Mamografia



Fonte: Autores.

RESULTADOS

A partir dos *outputs* obtidos no *ProModel* e do *benchmarking* interno, foram analisados 4 indicadores: o *lead time*, o bloqueio, a produtividade e o WIP médio entre o *Baseline* e o Cenário III.

Figura 10 – Comparação cenário I vs III

COMPARAÇÃO PERCENTUAL CENÁRIO I vs III					
Exames	LEAD TIME	BLOQUEIO	WIP	PRODUTIVIDADE	MELHOR CENÁRIO
ELETCARDIOGRAMA/RX	-50,1%	-33,7%	-39,6%	21,0%	Cenário III
PET CT/CINTILOGRAFIA	-32,8%	-28,6%	-31,8%	1,4%	Cenário III
RESSONÂNCIA	-37,2%	-40,8%	-29,9%	11,6%	Cenário III
TOMOGRAFIA	-36,8%	-28,0%	-36,2%	1,1%	Cenário III
ULTRASSOM/MAMOGRAFIA	-40,3%	-39,4%	-45,9%	-9,4%	Cenário III
MÉDIA	-39,4%	-34,1%	-36,7%	5,1%	

Fonte: Autores.

Os principais resultados, em relação aos indicadores foram:

- *Lead time* – redução de até 50,1%;
- Bloqueio – redução de até 40,8%;
- WIP – redução de até 45,9%;
- Produtividade – redução de até 21,0%.

A partir dos resultados observados na figura 10, conclui-se que o Cenário III de reagendamento possui o melhor desempenho em todos os fluxos.

PROPOSTA DE MELHORIA

Taxa de chegadas

- Redistribuição da taxa de chegadas;
- Redução da variabilidade;
- Taxa de chegadas mais uniforme;
- Suavização dos picos de demanda;
- Menores *lead times* e tempo de fila.



Segmentação de recursos

- Segmentação eficiente dos recursos;
- Definição da capacidade necessária de recursos de acordo com as necessidades diárias e horários;
- Melhor utilização dos recursos.

Qualidade do Serviço

- Melhora na qualidade do serviço de exames de imagem;
- Conforto e bem-estar do paciente;
- Orientação adequada, informações concisas e previsões de tempo de espera bem definidas.

CONCLUSÃO

Conclui-se que o efeito da variabilidade em relação às chegadas dos pacientes pode causar congestionamentos mesmo quando a unidade possui capacidade suficiente, já que muitos pacientes entrando no sistema ao mesmo tempo elevam os níveis de WIP, filas e *lead time*.

Assim, os resultados evidenciam o efeito nocivo da variabilidade de chegadas no tempo de fluxo dos pacientes, prejudicando as métricas de *lead time*, produtividade, bloqueio e WIP médio. No entanto, a comparação entre Cenário I e III evidencia que é possível melhorar o desempenho do hospital por meio da redução da variação da taxa de chegadas, pois há incremento nos principais indicadores analisados. Consequentemente, obtém-se uma possível melhora no bem-estar do paciente, já que o tempo de permanência no hospital é reduzido significativamente, entre 30 e 50%.

Em relação ao Cenário IV de reagendamento e redução de salas de exame, demonstra-se que é possível obter um melhor aproveitamento dos locais, isto é, equilibrar a utilização das salas, e ainda assim, manter os tempos de *lead time* abaixo dos tempos apresentados no *Baseline*.

Figura 11 – Resultados gerais



Fonte: Autores.