



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Informática



Escalonamento para Construção Civil

Aluna: Daniele Soares Passos

Orientador: Ricardo Martins de Abreu Silva



Agenda

1. Contexto
2. Problema
3. Objetivo
4. BIM (Building Information Modelling)
5. Modelagem do Problema RCPSP
6. Algoritmo de Construção de Escalonamento
7. Plugin para Navisworks
8. Caso de Estudo
9. Resultados
10. Conclusão
11. Referências



Contexto

- Analisar logicamente o projeto, seus requisitos e seus tempos de execução;
- Exigência de projetos organizados e escalonados;
- Definir elementos como atividades, recursos e tamanho dos projetos;
- Planejar antes de executar;
- Usar computadores e softwares de planejamento;



Problema

- Complexidade dos projetos;
- Escalonar projetos com muitas atividades e recursos;
- Disponibilidade de informações;
- Comunicação entre as equipes;



Objetivo:

Resolver o **problema** de **escalonamento** para construção civil, utilizando algoritmos propostos.



BIM (Building Information Modelling)

- Solução para melhorar a produtividade em projetos de construção.
- Apoio para tomada de decisões desde os primeiros estágios conceituais do projeto.
- Modelo que permite o armazenamento de todo o ciclo de vida do projeto.
- Gestão de uma representação digital das características.
- Utilizado em softwares (normalmente ferramentas CAD).



Dimensões do BIM

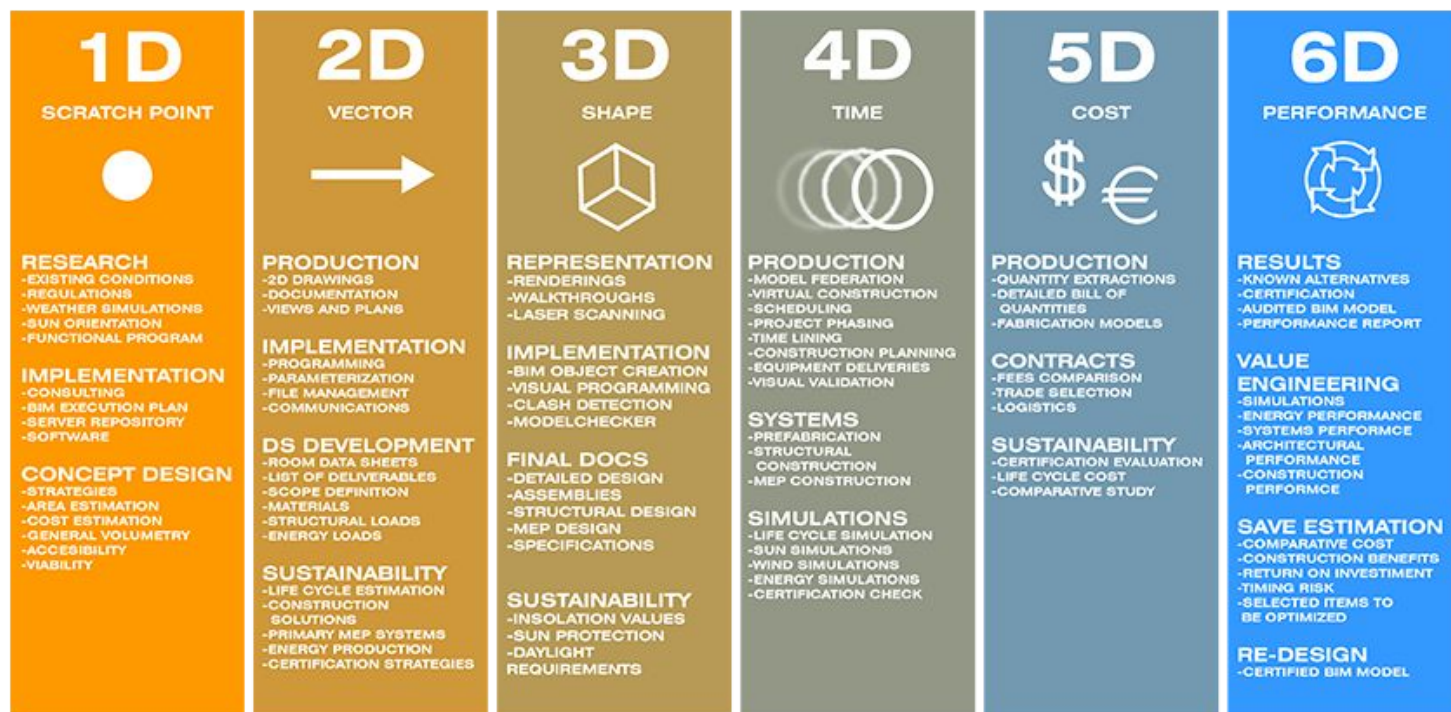


Figura 1. Dimensões do BIM [5].



Softwares BIM



AUTODESK
REVIT



AUTODESK®
NAVISWORKS®



Modelagem do Problema RCPSP

- Um projeto consiste de $n + 2$ tarefas;
- Seja $J = \{0, 1, \dots, n, n + 1\}$ o conjunto de atividades;
- $K = 1, \dots, k$ o conjunto de recursos;



Modelagem do Problema RCPSP

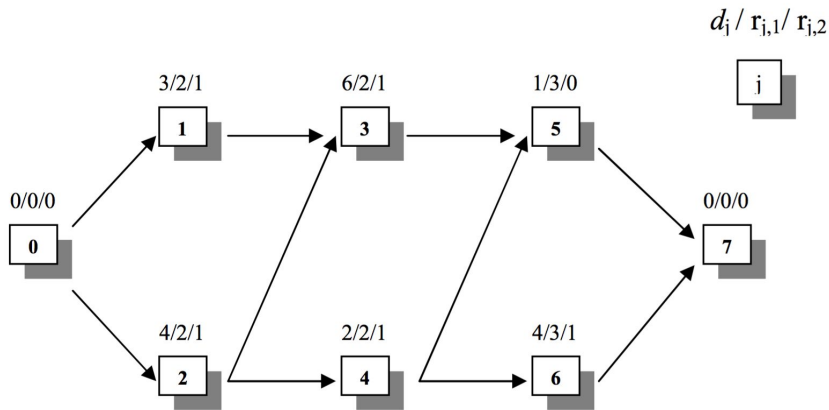


Figura 2. Definição e modelagem do problema RCPSP [2].

Min F_{n+1}

Subject to:

$$F_l \leq F_j - d_j$$

$$j = 1, \dots, n+1 ; l \in P_j$$

$$\sum_{j \in A(t)} r_{j,k} \leq R_k$$

$$k \in K ; t \geq 0$$

$$F_j \geq 0$$

$$j = 1, \dots, n+1$$

Figura 3. Modelagem do RCPSP [7].



Algoritmo de Construção de Escalonamento

Este trabalho utiliza um algoritmo genetico para solucionar o problema RCPSP aplicado a construçao civil a fim de gerar a melhor solução em tempo e recurso.



Algoritmo Genético

procedure GENETIC-ALGORITHM

Generate initial population P_0 ;

Evaluate population P_0 ;

Initialize generation counter $g \leftarrow 0$;

While stopping criteria not satisfied repeat

Select some elements from P_g to copy into P_{g+1} ;

Crossover some elements of P_g and put into P_{g+1} ;

Mutate some elements of P_g and put into P_{g+1} ;

Evaluate some elements of P_g and put into P_{g+1} ;

Increment generation counter: $g \leftarrow g+1$;

End while

End GENETIC-ALGORITHM;

Figura 4. Algoritmo Genético básico [1].



Construção de Escalonamento

Initialization: $g=1, t_1=0, A_0=\{0\}, FS_0=\{0\}, S_0=\{0\}, RD_k(0)=R_k \ (k \in K)$

```

while  $|S_g| < n+2$  repeat
{
  Update  $E_g$ 
  while  $E_g \neq \{\}$  repeat
  {
    Select activity with highest priority
     $j^* = \operatorname{argmax}_{j \in E_g} \{ \text{PRIORITY}_j \}$ 
    Calculate earliest finish time (in terms of precedence only)
     $EF_{j^*} = \max_{i \in P_{j^*}} \{ F_i \} + d_{j^*}$ 
    Calculate the earliest finish time (in terms of precedence and capacity)
     $F_{j^*} = \min \left\{ t \in [FMC_{j^*} - d_{j^*}, \infty] \cap FS_g \mid r_{j^*,k} \leq RD_k(t), \right.$ 
     $\left. k \in K \mid r_{j^*,k} > 0, \tau \in [t, t + d_{j^*}] \right\} + d_{j^*}$ 
    Update  $S_g = S_{g-1} \cup \{j^*\}$ ,  $FS_g = FS_{g-1} \cup \{F_{j^*}\}$ 
    Iteration increment:  $g = g+1$ 
    Update  $A_g, E_g, RD_k(t) \mid t \in [F_{j^*} - d_{j^*}, F_{j^*}]$ ,  $k \in K \mid r_{j^*,k} > 0$ 
  }
  Determine the time associated with activity  $g$ 
   $t_g = \min \{ t \in FS_{g-1} \mid t > t_{g-1} \}$ 
}

```

Figura 5. Algoritmo Genético básico [2].



Algoritmo Completo

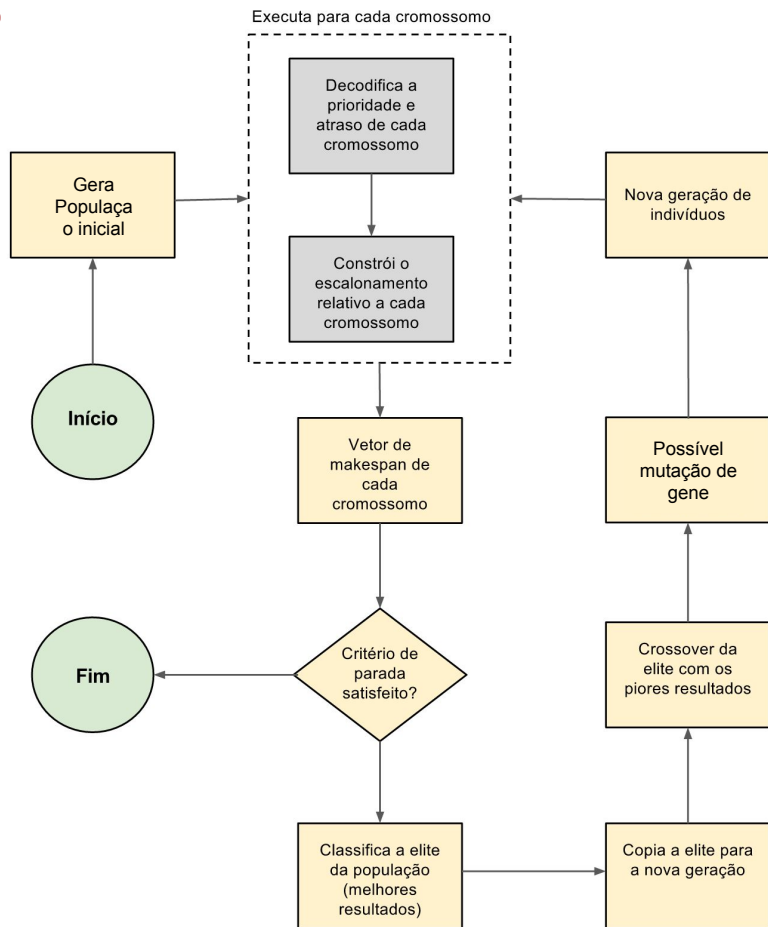


Figura 6. Algoritmo completo.



Plugin Navisworks

- Navisworks é uma ferramenta BIM
- Quarta Dimensão BIM
- Possui API
- Muito utilizado para organizar tarefas de construção civil



Integração Revit - Navisworks

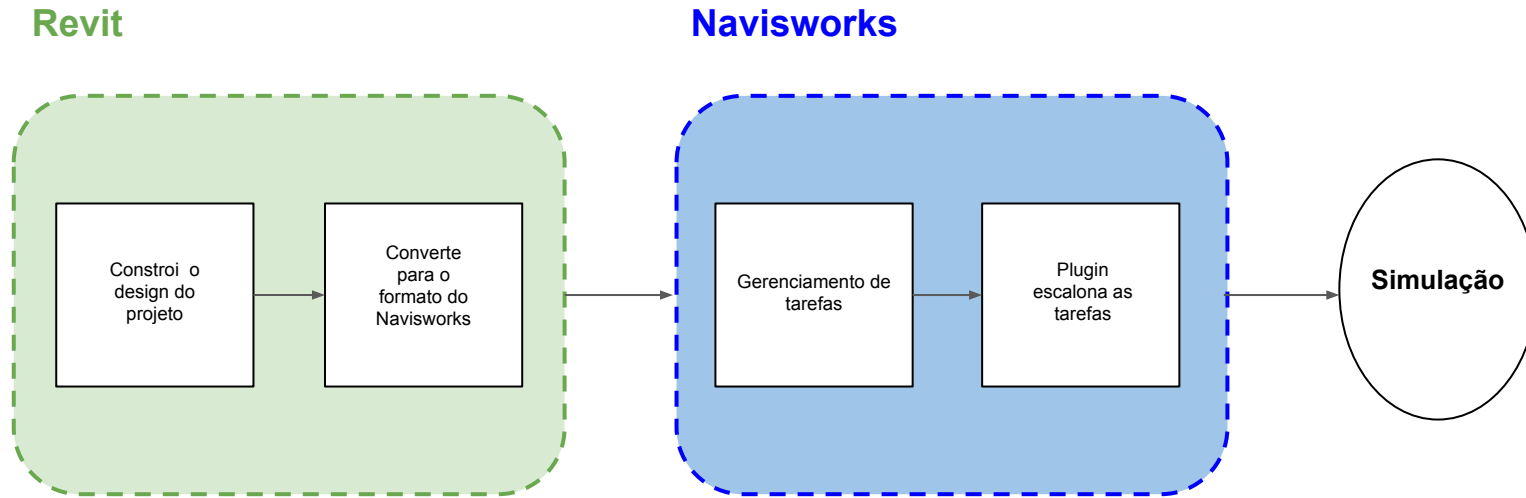


Figura 7. Integração dos softwares de construção.



Caso de Estudo

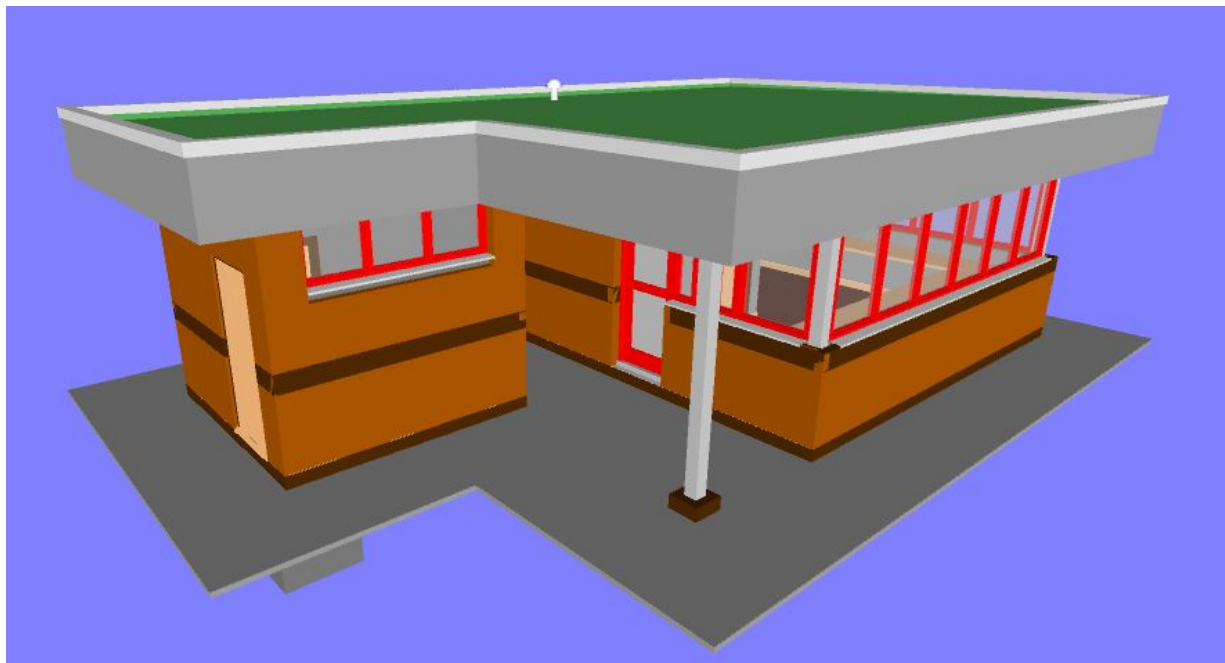


Figura 8. Projeto modelado no Revit.



Resultados (Diagrama de Gantt)

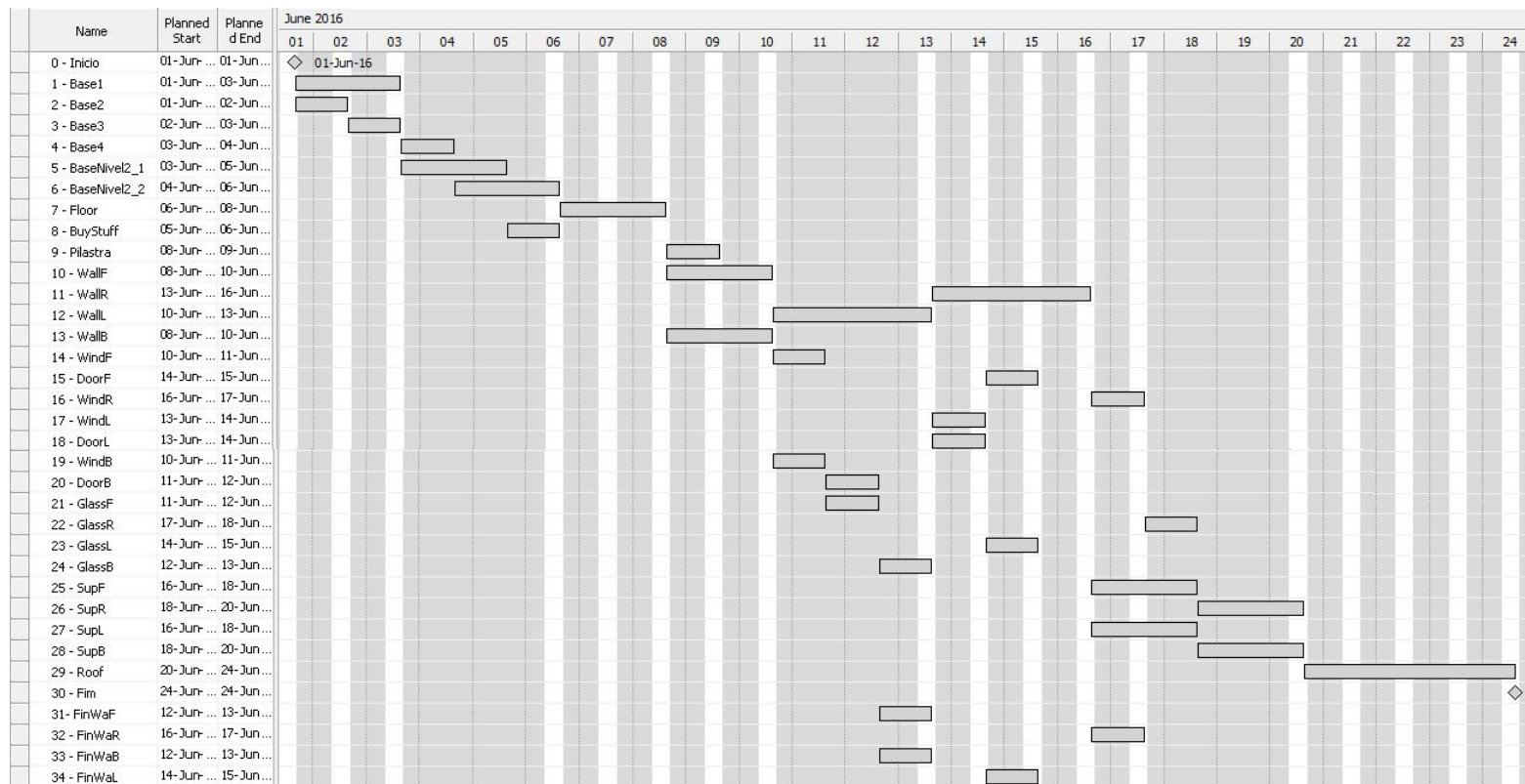


Figura 9. Resultado do escalonamento de 35 tarefas.



Resultados (Simulação)

Vídeo!



Resultados (Outros Projetos)

Tabela 1. Diferença entre os tempos escalonados manualmente e pelo algoritmo.

Qtd Tarefas	Qtd Recursos	Tempo antes do algoritmo	Tempo depois do algoritmo	Diferença
35	4	34 dias	23 dias	11 dias
100	4	187 dias	141 dias	46 dias

Tabela 2. Diferença entre os tempos escalonados manualmente e pelo algoritmo.

Qtd Tarefas	Qtd Recursos	Tempo depois do algoritmo
250	4	412 dias
500	4	784 dias
1000	4	1665 dias



Conclusão

Demonstrou-se que a medida que o número de tarefas aumenta, também aumenta a complexidade do projeto, fazendo com que o tempo desperdiçado entre uma tarefa e outra seja muito maior do que deveria.

Com o algoritmo proposto foi possível obter um planejamento otimizado, respeitando as necessidades e capacidades dos recursos, assim como evitando o tempo ocioso.



Referências

- [1] J. Magalhães-Mendes. Project scheduling under multiple resources constraints using a genetic algorithm. *WSEAS TRANSACTIONS on BUSINESS and ECONOMIC SCIENCES*, 2008.
- [2] José F. Gonçalves Jorge M. Mendes, Maurício G. C. Resende. A random key based genetic algorithm for the resource constrained project scheduling problem. *ATT Labs Research Technical Report TD-6DUK2C*, 2005.
- [3] Inc. Autodesk. Autodesk Navisworks, 2012.
- [4] Inc. Autodesk. Autodesk Revit, 2012.
- [5] <http://bim6d.es/en/scope/>, acessado dia 15 de Junho de 2016 às 23h.
- [6] C. Patrick. *Construction Project Planning and Scheduling*. PEARSON Prentice Hall, 2004.
- [7] Alvarez-Valdes R. Christofides, N. and J.M. Tamarit. Problem scheduling with resource constraints : A branch and bound approach. *European Journal of Operational Research*, 1987.

