

# SEQUENCING ACTIVITIES IN A PROJECT NETWORK WITH RESOURCE COMPLEMENTARITY – FURTHER RESULTS

Helder C. Silva<sup>1</sup>, Anabela P. Tereso<sup>2</sup>, José A. Oliveira<sup>3</sup>

## Abstract

We address the issue of optimal resource allocation, and more specifically, the analysis of complementarity of resources (primary resource or P-resource and supportive resource or S-resource) to activities in a project. In this paper we present new computational results of a Genetic Algorithm, based in a random keys alphabet.

## OBJECTIVOS

Analisar as restrições de recursos no ambiente de projectos e suas consequências:

- Analisar a utilização recursos de suporte em projectos;
- Apresentar os resultados da análise de impacto na produtividade do recurso principal
- Avaliar os efeitos sobre o custo do projecto.
- Desenvolver a modelação do sistema e o programa computacional de resolução;

## BREVE EXPLICAÇÃO SOBRE O TEMA

Seja o diagrama de redes do tipo *activity-on-node* (AON) representado por  $G=(N,A)$ , com o conjunto de nodos (representando os actividades) e o conjunto de arcos (representando as precedências).

O número de recursos auxiliares varia de acordo com os recursos de suporte. A relevância de cada recurso primário é representada pela Tabela 1.

Tabela 1 – Aplicabilidade e impacto dos recursos

Recurso-S	$s_1$	...	$s_q$	...	$s_Q$
Recurso-P					
$r_1$	$v(1,1)$	...	$\phi$	...	$v(1,Q)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$r_p$	$\phi$	...	$v(p,q)$	...	$v(p,Q)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$r_p$	$v(p,1)$	...	$v(p,q)$	...	$\phi$

Considere-se um conjunto de recursos primários, denotado por  $P$ , com  $|P|=p$  e um conjunto de recursos de suporte, denotado por  $S$ , que podem ser utilizados juntamente com os recursos principais visando um aumento de desempenho.

## MODELO

Se  $0 < v(p,q) < 1$ , o uso do recurso de suporte  $q$  adiciona-se ao desempenho do recurso primário  $r_p$ .

A alocação do recurso-P  $p$ , que é descrita por:

$$x(j, (r_p, s_q)) = x(j, r_p) + v(p, q)$$

A partir destes modelos definem-se 3 linhas de investigação:

- A alocação do recurso de suporte aumenta o rendimento global. Qual é a relação entre a alocação e a duração do recurso de suporte?;
- Em que níveis devem ser utilizados os recursos? Que recursos de suporte devem ser alocados em cada nível para que se optimize o objectivo do projecto ou actividade?;
- Consideração do custo e da disponibilidade dos recursos e o efeito que provocam na antecipação ou no atraso do projecto.

## Algoritmo Genético

### begin

$P \leftarrow$  GerarPopulaçãoInicial()

Avaliar( $P$ )

**while** condição de paragem não for alcançada **do**

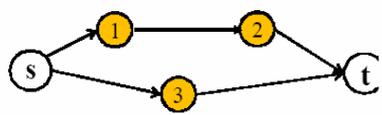
$P' \leftarrow$  Recombinar( $P$ ) // UX

Avaliar( $P'$ )

$P \leftarrow$  Selecionar( $P \cup P'$ )

**end while**

- Passo 1** Seja  $t=1$  com  $P_t$  sendo nulo.  $S_t$  será o conjunto formado por todas as actividades que não têm predecessoras, ou seja pelas actividades ligadas ao vértice início.
- Passo 2** Identificar  $j^* = \min_{a_k \in S_t} \{j_k\}$  e identificar  $A^*$ . Formar  $S_{t+1}$ .
- Passo 3** Seleccionar a actividade  $a_k^*$  em  $S_t^*$  com o maior valor de alelo de prioridade.
- Passo 4** Passar ao próximo estágio por:
- (1) adição de  $a_k^*$  a  $P_t$ , criando  $P_{t+1}$ ;
  - (2) remoção de  $a_k^*$  de  $S_t$ , criando  $S_{t+1}$  por adição (se existirem) a  $S_t$  das actividades directamente sucessoras de  $a_k^*$  e que tenham todos os seus predecessores em  $P_{t+1}$ ;
  - (3) aumentar  $t$  em 1.
- Passo 5** Se existir alguma actividade ainda por sequenciar ( $t < N$ ), voltar ao **Passo 2**. Senão, Parar.



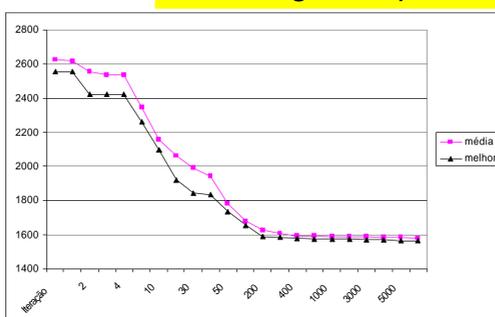
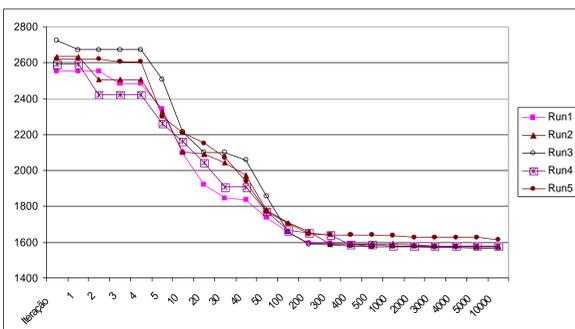
	P-resource →			
↓ Activity/Availability →	1	2	3	4
A1	16	0	12	12
A2	0	7	10	8
A3	20	0	22	0

	P-Resource →			
↓ S-Resource ↓ Availability	1	2	3	4
1	1	0.25	$\phi$	0.25
2	2	0.15	0.35	$\phi$

A1	P1	P2	P3	P4	S1	S2	A2	P1	P2	P3	P4	S1	S2	A3	P1	P2	P3	P4	S1	S2
94	51	88	76	52	23	68	36	73	60	61	53	75	35	47	7	15	42	86	16	16
Units	2	0	3	2	0	2	Units	0	1	2	2	1	1	Units	1	0	2	0	0	0

## CONCLUSÕES

O método desenvolvido foi testado com algumas redes de actividades e os resultados obtidos permitem demonstrar a sua validade, eficácia e eficiência. Considerando a viabilidade do modelo proposto, acreditamos que ele pode fornecer ao utilizador uma nova opção de planeamento para determinar a melhor combinação de recursos e o menor custo do projecto, melhorando a capacidade de planeamento. Na sequência deste estudo pretendemos testar o procedimento apresentado num conjunto de instâncias de maior dimensão e desenvolver alguns operadores genéticos específicos para o problema, que serão implementados essencialmente sob a forma de mutação, no sentido de aumentar a diversidade da população e evitar a convergência prematura que se verifica ao fim de 20% das iterações.



Instância	População	Iterações	Run1	Run2	Run3	Run4	Run5	Média	Melhor	CPU (s)
GP 01 (3 act)	20	1000	214	214	214	214	214	214,0	214	2
		5000	214	214	214	214	214	214,0	214	
	100	1000	214	214	214	214	214	214,0	214	
		5000	214	214	214	214	214	214,0	214	
	300	1000	214	214	214	214	214	214,0	214	23
		5000	214	214	214	214	214	214,0	214	
GP 02 (5 act)	20	1000	631	631	631	631	631	633,0	631	
		5000	631	631	631	631	631	631,0	631	
	100	1000	631	631	631	631	631	631,0	631	
		5000	631	631	631	631	631	631,0	631	
	300	1000	631	631	631	631	631	631,0	631	35
		5000	631	631	631	631	631	631,0	631	
GP 06_01 (11 act)	20	1000	2584	2548	2529	2427	2444	2506,4	2427	
		5000	2252	2252	2372	2361	2424	2332,2	2252	
	100	1000	2396	2458	2461	2475	2486	2455,2	2396	
		5000	2367	2247	2273	2263	2268	2283,6	2247	
	300	1000	2435	2511	2493	2441	2444	2464,8	2435	93
		5000	2435	2511	2493	2441	2444	2464,8	2435	