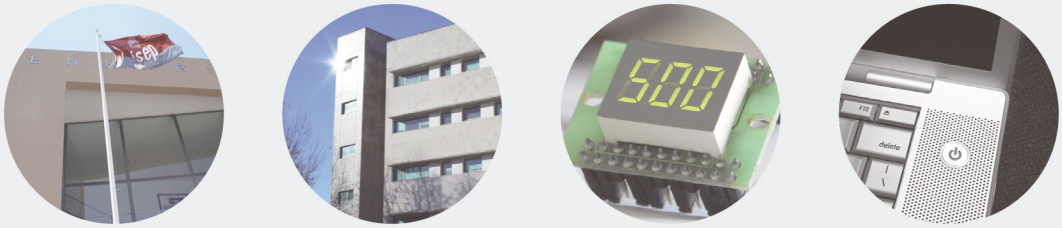
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO
MESTRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES



Estudo de Regras de Sequenciação de Trabalhos para Lançamento em Produção

JOÃO PEDRO FERNANDES ALMEIDA
outubro de 2024

POLITÉCNICO
DO PORTO

ISEP INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

Estudo de Regras de Sequenciação de Trabalhos para Lançamento em Produção

João Pedro Fernandes Almeida

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, Área de Especialização em Automação e Sistemas

Orientador: Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Co-orientador: Professor Doutor Nuno Octávio Fernandes

Júri:

Presidente:

Professora Doutora Cecília Maria do Rio Fernandes Moreira Reis, Professora Adjunta, Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vogais:

Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira, Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Professora Doutora Maria Eduarda da Cunha e Silva Pinto Ferreira, Professora Coordenadora, Departamento de Matemática, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto, Setembro 2024

Agradecimentos

A concretização desta dissertação só foi possível graças ao apoio e suporte de várias pessoas e de várias maneiras.

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha esposa por sempre ter estado presente e sempre me ter providenciado a força necessária para dar o passo em frente. Só provou que é, de facto, a companheira da minha vida.

Aos meus pais e irmão, por me terem fornecido um ambiente favorável para que chegar até aqui fosse possível. O vosso amor e carinho durante todo este tempo não passou despercebido.

Também, aos meus orientadores, Prof. Nuno Octávio Fernandes e Prof. Luís Pinto Ferreira por toda a disponibilidade, suporte e nunca terem desistido de mim mesmo nos momentos mais complicados da execução deste estudo.

Por fim, ao ISEP por me ter facultado o conhecimento como também tantas memórias que irei guardar com imenso carinho por toda a minha vida e que prometo levar onde quer que esteja.

Resumo

Uma importante função dos sistemas de controlo da produção é o controlo de entradas *(input control)* em produção. Isto envolve a sequenciação dos trabalhos em carteira, i.e., que aguardam lançamento em produção e a sua seleção e lançamento, atendendo a critérios relacionados com o próprio trabalho (e.g., data de entrega) e/ou com o sistema de produção (e.g., limites de carga ou de tempo nos centros de trabalho). A seleção e lançamento é usualmente feita com recurso a um designado mecanismo de controlo da produção. Diversos mecanismos têm sido desenvolvidos e propostos na literatura para este fim, como o CONWIP, entre outros.

Uma outra importante função dos sistemas de controlo da produção é a geração de ordens de produção e/ou compra, para a qual o sistema de planeamento e controlo da produção DDMRP foi recentemente proposto. No presente trabalho estudamos a integração do DDMRP para a geração de ordens com o CONWIP para o seu lançamento em produção, no que concerne às regras de sequenciação a adotar. Neste âmbito, diversas regras têm também sido desenvolvidas e propostas na literatura. Contudo, estas têm sido essencialmente desenvolvidas a pensar na produção por encomenda (*make-to-order*). A investigação realizada neste âmbito em contextos de produção para stock (*make-to-stock*) é ainda reduzida.

Pretende-se com este trabalho rever as regras de sequenciação que têm sido propostas na literatura para lançamento e avaliar o seu desempenho no âmbito do sistema DDMRP. Para tal, recorreu-se à simulação de eventos discretos como ferramenta de investigação, considerando critérios de desempenho como o stock médio de produto acabado e o nível de serviço ou *fill rate*.

Os resultados obtidos, permitem concluir que o desempenho das regras de sequenciação é afetado por diversos fatores, tais como, a configuração do sistema de produção, as quantidades das ordens de reposição, entres outros. De uma forma geral, não é possível identificar uma regra que seja superior às outras, para todos os critérios e em todos os cenários experimentais. Contudo, pode-se concluir que a regra sugerida na bibliografia no contexto do DDMRP apresenta algumas limitações, as quais são exploradas no contexto deste trabalho.

Palavras-chave: Controlo da Produção; Sequenciação; CONWIP; DDMRP*;* Simulação.

Abstract

An important function of production control systems is input control in production. This involves the sequencing of jobs in the backlog, that is, waiting to be released into production, and their selection and release, taking into account criteria related to the job itself (e.g., delivery date) and/or to the production system (e.g., load or time limits at work centers). The selection and release are usually done using a so-called production control mechanism. Several mechanisms have been developed and proposed in the literature for this purpose, such as CONWIP, among others.

Another important function of production control systems is the generation of production and/or purchase orders, for which the DDMRP production planning and control system has recently been proposed. In this paper we study the integration of DDMRP for generating orders with CONWIP for launching them into production, in terms of the sequencing rules to be adopted. In this context, several rules have also been developed and proposed in the literature. However, these have been developed mainly with make-to-order production in mind. The research done in this area in the context of make-to-stock production is still limited.

This work aims to review the sequencing rules that have been proposed in the literature and evaluate their performance in DDMRP systems context. To do so, discrete event simulation was used as a research tool, considering performance criteria such as Finished Goods Stock average and service level or Fill Rate.

The results allow us to conclude that the performance of the sequencing rules is affected by various factors, such as the configuration of the production system and the quantities to be ordered for replenishment orders, among other factors. In general, it is not possible to identify a rule that is superior to the others, for all the criteria and in all the experimental scenarios. However, it can be concluded that the rule suggested in the literature in the context of DDMRP has some limitations, which are explored in the context of this work.

KEYWORDS: Production Control; Sequencing; CONWIP; DDMRP; Simulation.

Índice

Lista de Figuras xii

Lista de Tabelas xiv

Acrónimos e Símbolos xvi

1. Introdução 1
   1.1. Enquadramento 1
   1.2. Objetivos 2
   1.3. Metodologia de Investigação 2
   1.4. Estrutura do Relatório 4

2. Fundamentação Teórica e Revisão da Literatura 5
   2.1. *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP) 5
   2.2. *Constant Work in Progress* (CONWIP) 9
   2.3. Regras de Sequenciação para Lançamento em Produção 11
   2.4. Revisão da Literatura 14

3. Estudo de Simulação 17
   3.1. *Software* de Simulação 17
   3.2. Sistema de Produção 18
   3.3. Modelo de Simulação 20
   3.4. Condições de Simulação e *Interface* Gráfica 23

4. Resultados 25
   4.1. Medidas de Desempenho e Plano Experimental 25
   4.2. Resultados 26
      4.2.1. Resultados (Configuração Tipo A) 27
      4.2.2. Impacto da Configuração Produtiva 29
      4.2.3. Impacto do CONWIP 34
      4.2.4. Análise de Sensibilidade 37
   4.3. Discussão de Resultados 39

5. Conclusões e Propostas de Trabalho Futuro 42
   5.1. Conclusões finais 42
   5.2. Limitações e Propostas de Trabalho Futuro 43

Referências 45

Declaração de Integridade 49

Apêndices 51
   1.1 Apêndice A - valores do FCFS – Igual TOG 52

1.2 Apêndice B - valores do HBPR – Igual TOG 58
1.3 Apêndice C - valores do LNFP – Igual TOG 64
1.4 Apêndice D - valores do FCFS – TOG Diferente 70
1.5 Apêndice E - valores do HBPR – TOG Diferente 72
1.6 Apêndice F - valores do LNFP – TOG Diferente 74
1.7 Apêndice G - valores do LNFP2 – TOG Diferente 76
2.1 Apêndice I - Gráficos configuração Tipo A. 78
2.2 Apêndice J - Gráficos configuração Tipo V 80
2.3 Apêndice K - Gráficos configuração Tipo O 82
2.4 Apêndice L - Gráficos configuração Tipo V – análise de sensibilidade 84
2.5 Apêndice M - Gráficos configuração Tipo O – análise de sensibilidade 85
3. Apêndice N – Vista geral do sistema 86

Lista de Figuras

Figura 1: Sequenciação de trabalhos para lançamento em produção 2
Figura 2: Ciclo *Action Research* 3
Figura 3: Pilares do DDMRP (Ptak & Smith, 2016) 7
Figura 4: Passos e componentes do DDMRP (Ptak & Smith, 2016) 7
Figura 5: Níveis de *Buffers* DDMRP 8
Figura 6: Exemplo de um simples sistema CONWIP 10
Figura 7: Múltiplos Loops CONWIP 11
Figura 8: Ambiente de simulação do ARENA 17
Figura 9: Exemplo de interface gráfica criada em *Visual Basic* 18
Figura 10: Disposição de Configuração do tipo A 19
Figura 11: Disposição de Fábrica V 19
Figura 12: Disposição de Fábrica O 19
Figura 13: Atribuição de stock inicial , pedido e geração de ordem 21
Figura 14: Decisão de configuração da fábrica 22
Figura 15: Verificação da variável para atribuição da configuração 22
Figura 16: Ordenação dos trabalhos para lançamento em produção 23
Figura 17: *Interface* Gráfica da Simulação 23
Figura 18: Condições de simulação usadas no estudo 24
Figura 19: Resultados para Configuração tipo A com TOY+1 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime . 27
Figura 20: Resultados para Configuração tipo A com TOY+6 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime . 28
Figura 21: Resultados para Configuração tipo V com TOY+1 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime . 30
Figura 22: Resultados para Configuração tipo V com TOY+6 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime . 31
Figura 23: Resultados para Configuração tipo O com TOY+1 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime . 32
Figura 24: Resultados para Configuração tipo O com TOY+6 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime . 33
Figura 25: Resultados para a relação STT vs. TTT com TOY+1 para: (a) Config. A , (b) Config. V e (c) Config. O 35
Figura 26: Resultados para a relação STT vs. TTT com TOY+6 para: (a) Config. A , (b) Config. V e (c) Config. O 36
Figura 27: Resultados para Configuração tipo A com TOY+1, ... TOY+5 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime 38
Figura 28: Resultados para Configuração tipo A com TOY+6, ... TOY+10 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime 39

Lista de Tabelas

Tabela 1- Artigos relativos ao DDMRP - Análise da base de dados SCOPUS 15
Tabela 2: Indicadores de desempenho das regras de sequenciação..... 25
Tabela 3: Cenários analisados..... 26
Tabela 4: Análise de Sensibilidade..... 37
Tabela 5: Tempos de espera por produto LNFP 2 Configuração A 40

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

ADU	*Average Daily Usage*
BOM	*Bill of Materials*
CONWIP	*Constant Work in Process*
CS	*Capacity Slack*
Csjob	*Capacity Slack number of Jobs*
DLT	*Decoupled lead time*
DDMRP	*Demand Driven Materials Requirements Planning*
EDD	*Earliest Due Date*
ERP	*Enterprise Resource Planning*
FCFS	*First-come First-served*
FGI	*Finished Goods Inventory*
FIFO	*First-In-First-Out*
HBPR	*Highest Buffer Penetration Ratio*
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	*Just in Time*
LNFP	*Lowest Net Flow Position*
MODCS	*Modified Capacity Slack*
MRP	*Material Requirements Planning*
MTS	*Make to Stock*
NFP	*Net Flow Position*
PCP	Planeamento e controlo de produção
PLC	*Programming logic controller*
POLCA	*Paired-Cells Overlapping Loops of Cards with Authorization*
PRD	*Planned Release Date*
ROP	*Reorder Point*
SSL	*Safety Stock Level*
STT	Shop Throughput Time
STWK	*Shortest Total Work Content*
TOC	*Theory of Constraints*
TOG	*Top of Green*
TOR	*Top of Red*
TOY	*Top of Yellow*
TTT	Total Throughput Time
WIP	*Work in Progress*
WLC	*Workload Control*

Lista de Símbolos

h	Horas	h
%	Percentagem	%

1. Introdução

Este capítulo é referente à introdução da presente dissertação, envolvendo o enquadramento do trabalho, os principais objetivos, a metodologia de investigação usada e, por fim, a organização do relatório.

1.1. Enquadramento

É seguro dizer que o objetivo de qualquer empresa é a melhoria contínua do seu sistema de produção com o intuito de se tornar mais competitiva no mercado global. Um elemento importante dos sistemas de produção é o sistema de Planeamento e Controlo de Produção (PCP). Este determina os produtos que são necessários produzir, em que quantidades e em que momentos se deve iniciar a sua produção. Neste âmbito têm sido propostas diversas abordagens de PCP, sendo a mais recente o DDMRP – *Demand Driven Materials Requirements Planning* (Ptak et al., 2011). O DDMRP é essencialmente uma abordagem orientada à geração de ordens de produção e/ou de compra. Uma outra abordagem de PCP amplamente conhecida é o CONWIP – *Constant Work in Process* (Spearman et al., 1990). Esta abordagem, ao contrário do DDMRP está orientada ao lançamento em produção (i.e. no espaço fabril) das ordens geradas. Existem ainda outras abrodagens de PCP orientadas ao lançamento, tais como o WLC – *Workload Control* (Zäpfel & Missbauer, 1993). Por fim, existem ainda abordagens como o POLCA – *Paired-Cells Overlapping Loops of Cards with Authorization* (Suri, 1998) a qual está essencialmente orientada à autorização das ordens de produção no epaço fabril. O POLCA baseia-se em cartões para autorizar a produção em cada uma das estações de trabalho consideradas críticas, contudo, não é objeto de estudo neste trabalho.

Este trabalho tem como objetivo de estudo o DDMRP e o CONWIP procurando combiná-los numa abordagem conjunta de PCP. Uma vez que o CONWIP resulta numa *pool* (i.e., carteira de ordens) de produção para lançamento, como ilustrado na figura 1, pretende-se com este trabalho analisar o desempenho de diferentes regras de sequenciação das ordens que se encontram nesta carteira, e que são geradas pelo sistema DDMRP.

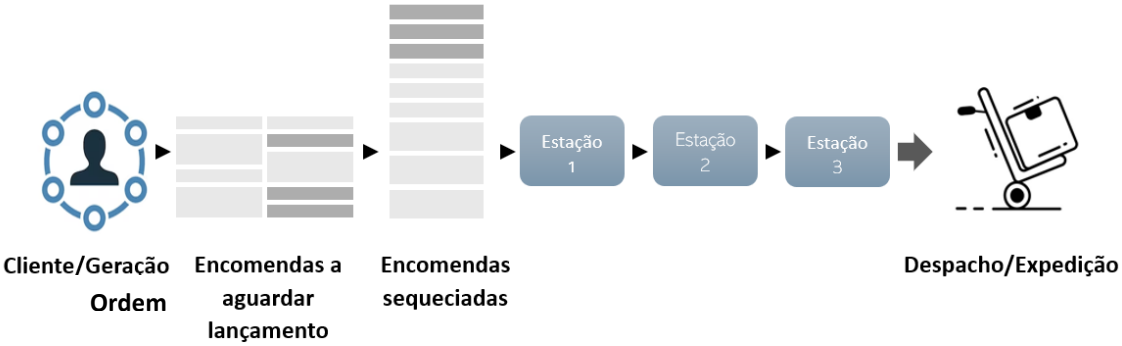


Figura 1: Sequenciação de trabalhos para lançamento em produção

Neste trabalho, realizado no âmbito da unidade curricular Tese/Dissertação, do mestrado de Automação e Sistemas de Engenharia Eletrotécnica e Computadores, pretende-se rever as regras de sequenciação que têm sido propostas na literatura para sequenciar os trabalhos em carteira e, entender como estas atuam, principalmente num ambiente de *Make to Stock* (MTS) resultante da aplicação do sistema DDMRP e, proceder a um estudo comparativo usando a simulação discreta.

Uma vez que o desempenho destas regras poderá ser influenciado pela configuração do sistema de produção, este estudo aborda diferentes configurações, as quais são detalhadas no capítulo 3.2..

1.2. Objetivos

Este projeto tem como principal objetivo o estudo comparativo de regras de sequenciação para o lançamento em produção das ordens geradas por um sistema DDMRP, isto é, num ambiente MTS, i.e., de reposição para *stock*. Mais concretamente, pretende-se, através de simulação discreta, perceber como desempenha a regra sugerida na literatura para operar em conjunto com o sistema DDMRP para efeitos de planeamento (*Relative Priority in Planning*), em comparação com outras potenciais alternativas.

Para tal, existem alguns objetivos intermédios a considerar no trabalho, nomeadamente a realização de uma revisão da literatura em regras de sequenciação; o desenvolvimento de um modelo de simulação capaz de implementar os sistemas DDMRP e CONWIP em simultâneo com diferentes regras de sequênciação para lançamento em produção, e, por fim, a extração de ilações para a prática industrial e para a teoria dos sistemas de PCP a partir do estudo realizado.

1.3. Metodologia de Investigação

Para a realização deste projeto foi delineada uma metodologia de investigação que segue a filosofia de *action research* (Lewin, 1944). A *Action Research* é uma metodologia que combina pesquisa e ação prática para identificar problemas, desenvolver soluções e implementar mudanças. Esta lógica prioriza soluções e melhorias por meio da prática. Esta medologia está assente num ciclo de 4 fases: planeamento, ação, observação e reflexão. Ciclo este que se

repete as vezes necessárias até que as soluções pretendidas sejam identificadas, como se pode observar pela figura 2.

Figura 2: Ciclo *Action Research*

Na prática, a *action research* pode ser utilizada em diversas áreas, incluindo a dos sitemas industriais de produção, entre outros.

Assim sendo, este trabalho segue esta metodologia na medida em que incialmente existiu um planeamento relativamente às regras de sequenciação a implementar, o desenvolvimento de ações para o seu estudo usando a simulação, a análise e reflexão sobre os resultados obtidos, com vista à extração de ilações que possam levar a novas ações, repetindo o ciclo.

Posto isto, para levar a cabo o acima descrito, neste estudo é usada a metodologia de simulação (componente prática do *Action research* no nosso estudo), uma vez que dada a complexidade dos mecanismos e regras a implementar, o uso de modelos matemáticos analíticos torna-se inviável.

Segundo Webster (Twelker et al., 1969) e Mattew Kuofie (Kuofie & Suman, 2021) a simulação é a suposição ou imitação da operação de um processo ou sistema do mundo real ao longo do tempo. Para a tal, é criado um modelo do sistema (real ou hipotético) a considerar. Este modelo deve representar as principais características ou comportamentos do sistema ou processo selecionado. Tipicamente, a simulação pode ser contínua e/ou discreta. A simulação contínua é aquela, cujo comportamento altera continuamente com o tempo, ao invés da simulação discreta, cujo comportamento apenas se altera em determinados instantes. Tratando-se então o nosso estudo de uma simulação discreta, foi selecionado um *software* poderoso com ferramentas para o executar, como o ARENA. De facto, é inegável que cada vez mais, a simulação é usada em diversas áreas, sejam elas os sistemas industriais, como é o caso em estudo, os cuidados de saúde, logística militar, ou outras. Isto deve-se ao facto de que, da

simulação poder-se traduzir em vantagens como as seguintes (Banks et al., 2005) (Seila F., 1995; Shannon, 1998):

- Procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxos de informação, entre outros, podem ser explorados sem interromper as operações do sistema real;
- Hipóteses sobre como ou porquê ocorrem certos eventos podem ser testadas;
- Novos projetos de *hardware*, *layouts* físicos, sistemas de transporte podem ser testados sem ser necessário a aquisição de materiais;
- Escolha da janela temporal assim como da velocidade a que o sistema se desenvolve;
- Análise de potenciais *Bottlenecks*;
- Obter informações sobre a importância de certos elementos para o desempenho do sistema.

No entanto, a simulação também apresenta algumas desvantagens, tais como:

- A elaboração modelos de simulação requer formação (conhecimento);
- A elaboração de modelos de simulação e sua análise pode ser morosa e dispendiosa;
- A ausência ou dificuldade em obter dados pode inviabilizar ou dificultar construção do modelo.
- Os resultados da simulação podem ser difíceis de interpretar, requerendo uma análise estatística;

Assim, atendendo às vantagens e desvantagens envolvidas e acima apresentadas, a simulação parece ser uma ferramenta adequada ao estudo que se pretende levar a cabo.

1.4. Estrutura do Relatório

Este relatório encontra-se organizado da seguinte forma:

No segundo capítulo, é realizada uma revisão bibliográfica do tema, nomeadamente no que se refere ao DDMRP, ao CONWIP e às regras de sequenciação para lançamento em produção, posicionando o tema no panorama atual.

No terceiro capítulo, é detalhado o modelo de simulação desenvolvido para levar a cabo o estudo, envolvendo a lógica e configuração deste.

Posteriormente, no capítulo quatro, são apresentados e analisados os resultados obtidos, além do plano experimental considerado e as medidas de desempenho usadas.

Finalmente, apresentam-se as principais conclusões do estudo, considerando os resultados obtidos e, de como se pode proceder para trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica e Revisão da Literatura

Ao longo deste capítulo será realizada a revisão da literatura sobre as abordagens DDMRP e CONWIP ao planeamento e controlo de produção (PCP), e sobre regras de sequenciação para lançamento em produção (*Pool Sequencing Rules),* assim como os temas que se encontram diretamente relacionados.

2.1. *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP)

Demand Driven Material Requirements Planning ou DDMRP é uma abordagem inovadora ao PCP no sistema de produção e na cadeia de abastecimento. Apesar de ser uma abordagem relativamente recente (Ptak & Smith, 2016), tem apresentado resultados promissores (Steen & Christensen, 2022), especialmente quando comparados com outros métodos de controlo de produção como o MRP (*Material Requirements Planning*), estando a ser implementado em diversos sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning)*, como o SAP (Vanam, 2019) . Tal deve-se ao facto de o DDMRP ser uma abordagem *pull* que combina elementos do MRP, JIT (*Just in Time)* e TOC (*Theory of Constraints)* para criar um sistema de produção e uma cadeia de abastecimento mais responsiva e adaptável. Assim, torna-se importante descrever sucintamente o JIT, o MRP e o TOC para entender como o DDMRP incorpora estes princípios.

O JIT ou, *Just in Time*, é um dos pilares da filosofia de produção *Lean Manufacturing* com origem no Japão (mais concretamente na empresa Toyota) que tem como objetivo principal reduzir desperdícios e claro, aumentar a eficiência produtiva (Ohno, 1988). O JIT refere-se a "produzir somente o necessário, quando necessário e na quantidade necessária". Para atingir este objetivo, o JIT considera o seguinte:

1. Um fluxo contínuo de materiais em todo o processo, de modo a eliminar/reduzir tempos de espera e paragens na produção;
2. Redução de custos ao eliminar encargos desnecessários com stock (investimento, espaço, movimentação, manuseamento, etc.), minimizar desperdícios e tirar o melhor proveito dos recursos disponíveis;
3. Produção "*Pull*", ou seja, apenas iniciar a produção em resposta a encomendas ou pedidos dos clientes (externos e internos);

4. Qualidade e melhoria contínua, sempre muito ligado à cultura Japonesa. Também descrito como *Kaizen*.

O MRP ou, *Material Requirements Planning*, determina o que produzir, quando o fazer e que componente do produto final produzir com base numa lista de materiais (BOM – *Bill of Materials*) estruturada de cada produto final e nos tempos programados em cada fase de produção. Este sistema de PCP foi proposto em 1975 por J. Orlicky aquando da publicação do livro "*Materials Requirements Planning*". Mais tarde, aparece o MRP II que tem por base os mesmos princípios que o MRP, levando, no entanto, em consideração, também as previsões da procura, além das encomendas e o planeamento de capacidade (José et al., 2000) . Contudo o uso de previsões frequentemente resulta na produção de produtos desnecessários tornando-se inapropriado em ambientes VUCA (*Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity*) (Fuzetto, 2019).

A *Theory of Constraints* (TOC) ou teoria das restrições, é uma metodologia usada para identificar as restrições mais importantes que impedem um determinado objetivo de ser alcançado. Pretende reduzir essas restrições o mais possível até que, a restrição, deixe de ser considerada um fator limitante. Apesar deste conceito já ser abordado desde a década de 60 por Samuel Eilon no seu livro "*Elements of Production Planning and Control"*, atribui-se esta teoria a Eliyahu M. Goldratt aquando da publicação do seu livro "*The Goal"* de 1984 (Goldratt & Cox, 2016). Inicialmente, no seu livro, Goldratt sugeriu utilizar apenas 3 medidas de performance para serem analisadas como restrições. Definiu também algumas prioridades para estas restrições, sendo elas: a saída do sistema, ou *output*, as existências (custos de posse) e, por fim, custos operacionais, sejam eles diretos ou indiretos. Goldratt propôs também, um programa de cinco passos para aplicar eficazmente a teoria das restrições sendo eles (Kiran, 2019):

1. Identificar a(s) restrição(ões) do sistema;
2. Decidir como explorar a(s) restrição(ões) do sistema para tirar partido delas;
3. Subordinar tudo às decisões anteriores;
4. Elevar a(s) restrição(ões) do sistema fazendo mudanças para incrementar a capacidade da restrição;
5. Remover as restrições e reavaliar o processo.

Posto isto, o DDMRP utiliza os princípios do método JIT ao usar uma lógica "*pull*" com a criação de ordens de produção (ou compra) como base na procura real e não em previsões. Tal como TOC, também se foca em restrições, neste caso nos produtos que limitam a performance do sistema e utiliza *buffers* destes produtos para proteger o processo produtivo e evitar *stockouts*. Usa ainda conceitos de mecanismos de sinalização para dar visibilidade dos níveis de stock. Por fim, utiliza os princípios do MRP uma vez que se trata de uma derivação deste, para a partir das necessidades de produto final explodir as necessidades de componentes. Por isso, também olha para o planeamento dos materiais como um dos pilares, utilizando a BOM para o efeito (Butturi et al., 2021).

O DDMRP assenta ainda em outros pilares, como se indica na figura seguinte:

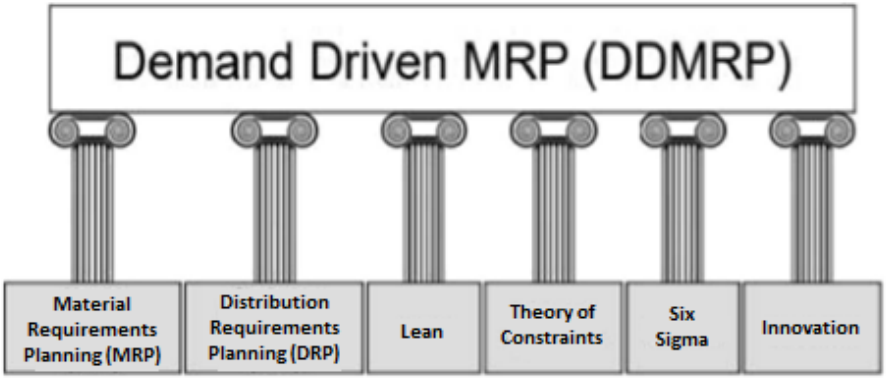


Figura 3: Pilares do DDMRP (Ptak & Smith, 2016)

É importante também referir os cinco passos necessários para a implementação do DDMRP segundo Ptak & Smith, (2016), tal como ilustrado na figura 4:

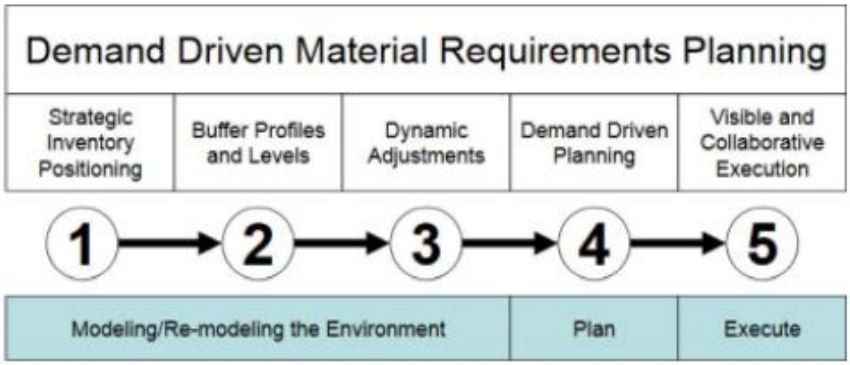


Figura 4: Passos e componentes do DDMRP (Ptak & Smith, 2016)

O primeiro passo, posicionamento estratégico das existências ou stock, passa por identificar quais os componentes da lista de materiais, ou BOM, mais críticos, considerar prazos aceitáveis de entrega aos clientes e flexibilidade de existências em todos os pontos da cadeia de fornecimento. Posteriormente, o segundo passo, dimensiona o tamanho desses stocks ou *buffers*, utilizando as fórmulas abaixo indicadas, envolvendo o conceito de *decoupled lead time* (DLT) também a procura média (ADU - *Average Daily Usage*), em que o *buffer* é dividido em 3 zonas distintas: verde, amarela e vermelha, como ilustrado na figura 5.

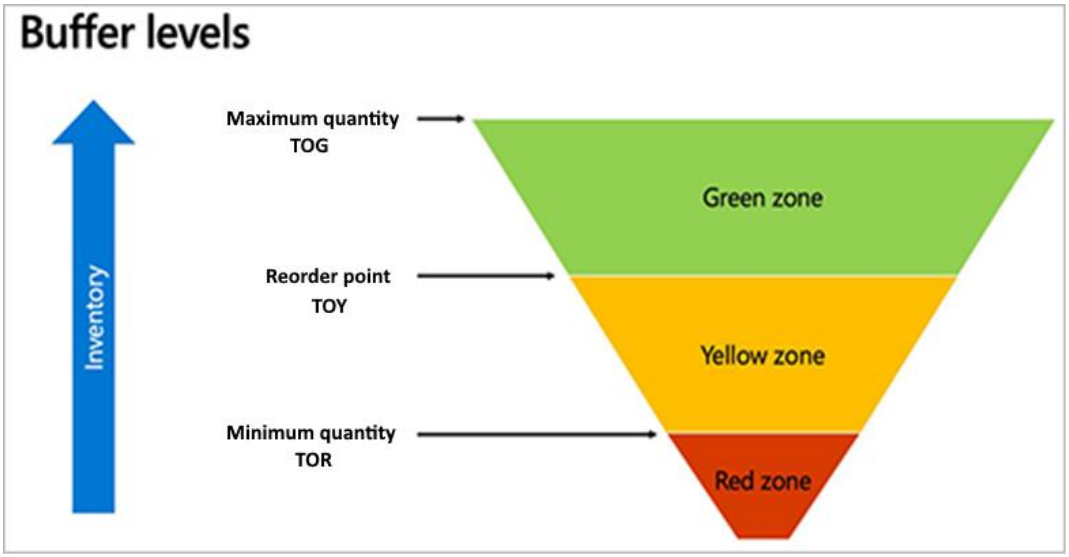


Figura 5: Níveis de *Buffers* DDMRP

Dito isto, para dimensionar as diferentes zonas do *buffer* deve-se considerar as seguintes fórmulas (Gracia et al., 2023) (N. Fernandes & Carmo-Silva, 2022) (Ptak & Smith, 2016):

- Zona Amarela:
  - Zona Amarela = *ADU* x *DLT*
- Zona Vermelha:
  - Base Vermelho = *ADU × DLT × Lead time factor*
  - Segurança Vermelha = Base Vermelho x *Variability factor*
  - Zona Vermelha = Base Vermelho + Segurança vermelha
- Zona Verde, é o máximo dos seguintes:
  - *Minimum order quantity*
  - *ADU × Order cycle*
  - *ADU × DLT × Lead time factor*

Consequentemente, o tamanho total do *buffer* será igual à soma das 3 zonas: amarela + vermelha + verde.

É também pertinente mencionar como se descrevem as variáveis que servem de base para os valores dos *buffers*:

- ADU (*Average Daily Usage*), tal como o próprio nome indica, é o consumo médio diário ou procura média. Este cálculo pode ter por base os consumos passados, consumos previstos ou uma combinação dos dois.
- *Decoupled lead time* (DLT), é o prazo de reposição dos artigos em stock. DLT diz respeito ao maior prazo acumulado definido como a sequência mais longa não protegida (sem *buffers*) na lista de materiais de produto.

- *Lead time factor*, é usado para dimensionar as zonas do *buffer* com base na duração relativa do *lead time* em comparação com o ciclo de reabastecimento. Segundo o *Demand Driven Institute* deverá ser usado atendendo ao tipo de *lead time*:
    - *Long lead time* = 0.20 - 0.40
    - *Medium lead time* = 0.41 - 0.60
    - *Short lead time* = 0.61 - 1
- *Variability factor*, é utilizado principalmente para ajustar a zona vermelha do *buffer*, que protege contra incertezas na procura e no tempo de reposição. Segundo o *Demand Driven Institute* deverá ser definido de acordo com o tipo de variabilidade:
    - *Low variability* = 0.20 - 0.40
    - *Medium variability* = 0.41 - 0.60
    - *High variability* = 0.61 – 1
- *Order Cycle*, é o tempo entre ordens.

O terceiro passo passa por ter *buffers* dinâmicos para acompanhar o impacto das variações do mercado. Aqui, o objetivo passa por ajustar continuamente o nível de stock. O quarto passo é caracterizado pela geração de encomendas na quantidade correta e no tempo correto (que se enquadra na filosofia do JIT também). Para tal, usa as seguintes considerações: se o *Net Flow Position* (quantidade em stock + quantidade em produção – procura) atingir (cair para) o *Top of Yellow* (TOY) é gerada uma ordem de reposição de stock que deverá ser igual à diferença entre o *Top of Green* (TOG) e a *Net Flow Position* (NFP).

Por fim, o quinto, e último passo, designado de execução visível e colaborativa, refere-se à aplicação de diferentes tipos de alertas durante a produção ou execução das ordens de reposição. O objetivo é priorizar as ordens em aberto (i.e. em produção) tendo em conta informações do espaço fabril, como, por exemplo, o estado do stock de cada um dos *buffers*.

O estudo encontra-se centrado nos passos 4 e 5 do sistema DDMRP.

2.2. *Constant Work in Progress* (CONWIP)

Constant Work in Progress, ou CONWIP é um sistema de controlo de produção essencialmente focado no lançamento das ordens em produção. Introduzido inicialmente em 1990 como uma alternativa ao Kanban, este método funciona, também ele, na base de cartões. Este sistema do tipo *Pull* impõe um limite de trabalho no sistema. Se o trabalho em curso num sistema não exceder esse limite predeterminado, o próximo trabalho a aguardar lançamento é lançado em produção. Isto significa que, o trabalho máximo que um sistema pode ter em curso de fabrico é limitado pelo número de cartões CONWIP.

Este sistema tem como seu principal objetivo controlar o trabalho em curso (*Work in Process*) de um sistema, por controlo das entradas, e observar a sua capacidade de produção numa área delimitada pelo *loop* CONWIP. Seja para manter o valor de WIP sempre constante ou para limitar o seu valor (Hopp & Spearman, 2008).

Este sistema tem sido largamente aplicado uma vez que, ao contrário de outros sistemas *Pull,* apresenta vantagens a nível de robustez, flexibilidade e facilidade de implementação (Molenda et al., 2020).

Apesar de, tal como descrito acima, o CONWIP ser identificado como um sistema *Pull* (o material é "puxado" para o sistema de produção quando o WIP fica abaixo do limite predefinido), também age como um sistema *Push* dentro do próprio sistema de produção delimitado pelo *loop* CONWIP. É recomendado o uso da regra de despacho FCFS (*First-come First-served)* nas diversas estações de trabalho de modo a manter a previsibilidade do sistema assim como providenciar um fluxo de trabalho suave, uma vez que a variabilidade proporcionada por outras regras de despacho pode resultar num aumento dos prazos de produção (Hopp & Spearman, 2008).

A Figura 6 ilustra o funcionamento de um sistema CONWIP. De referir que o cartão é alocado ao trabalho no momento do lançamento em produção, continuando com este até que seja completamente produzido. Nesse momento é desalocado, sendo enviado para o início do sistema produtivo para que possa ser alocado a um novo trabalho.

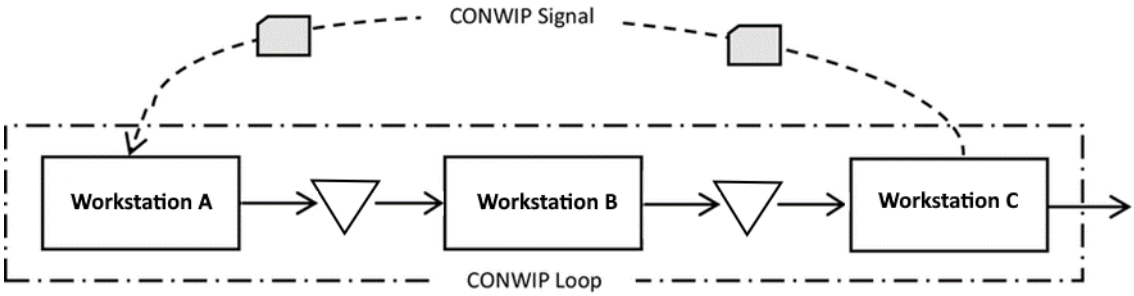


Figura 6: Exemplo de um simples sistema CONWIP

No nosso caso de estudo, CONWIP é utilizado para lançar as ordens de reposição geradas pelo sistema DDMRP em produção. Contudo, é usada a abordagem aplicada por Germs & Riezebos, (2009), sendo aplicado com *loops* diferentes por rota. Esta abordagem, é usualmente denominada de m-CONWIP (*multiple* CONWIP) limitando a carga de trabalho em cada um dos *loops* de controlo, tal como ilustrado na figura 7. Desta forma espera-se balancear a carga de trabalho por cada rota, como referido em Germs et al.(2009).

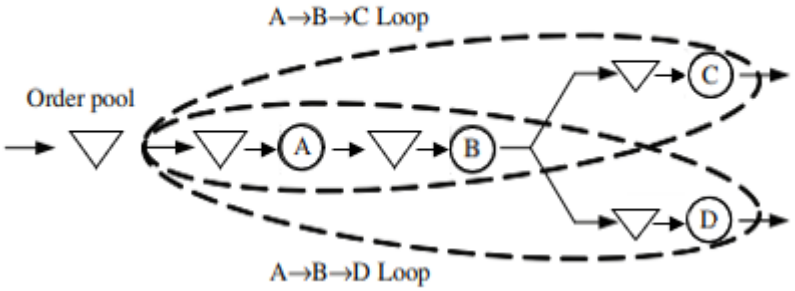


Figura 7: Múltiplos Loops CONWIP

2.3. Regras de Sequenciação para Lançamento em Produção

Tipicamente, antes de um trabalho ser lançado em produção, para o espaço fabril, poderá ter de aguardar em carteira ou numa designada *pool,* pelas condições adequadas. Demasiados trabalhos em produção podem resultar num congestionamento do espaço fabril, com o aumento dos tempos de espera em fila e consequentemente dos prazos de produção. Para evitar isto, o CONWIP estabelece um limite ao número de trabalhos ou à carga em produção em cada um dos *loops.* Novos trabalhos apenas são lançados se o número de trabalhos ou carga nos *loops* e consequentemente no espaço fabril for inferior a esse limite. Pelo que as ordens, ou trabalhos, terão de aguardar o seu lançamento em produção, resultando numa *pool* de trabalhos.

Para lançar em produção, é importante definir a ordem pela qual esses trabalhos devem ser considerados para lançamento. Esta ordem pode influenciar o desempenho do sistema, pelo que se reveste de especial importância o seu estudo. A ordem a considerar é tipicamente determinada pela regra de sequenciação adotada. Algumas destas regras que têm sido adotadas na literatura são as a seguir indicadas:

First-In-First-Out (FIFO), ou *First-Come-First-Served* (FCFS), refere-se a uma regra de sequenciação orientada para o tempo, em que, como o próprio nome indica, sequencia os trabalhos de acordo com o tempo de chegada à fila de espera. Esta regra foi usada em decisões de despacho, por exemplo, por Park & Salegna, (1995), Cigolini et al., (1998) e Thürer et al., (2015). Foi também usada para efeito de lançamento em produção por Leu, (2000) e Ryan & Vorasayan, (2005) entre outros.

Earliest Due Date (EDD), é uma regra também orientada ao tempo, que sequencia os trabalhos de acordo com a data devida de entrega. É uma regra que foi usada, por exemplo, por Leu, (2000) para propósito de lançamento em produção e por Rose, (2003) para efeito de despacho.

Planned Release Date (PRD), é também uma regra orientada para o tempo, contudo neste caso, os trabalhos são sequenciados de acordo com as datas previstas de lançamento. Estas são obtidas por programação regressiva a partir das datas de entrega, levando em consideração os prazos de produção. Esta regra foi usada, por exemplo, por Thürer et al., (2012) para propósito de lançamento em produção e por Thürer & Stevenson, (2018) para efeito de despacho. A data prevista de lançamento pode ser obtida com base na equação seguinte:

$$\tau j = \delta j - \sum_{i \epsilon R_j} \left(a_i + p_{ij}\right) or \tau j = \delta j - \sum_{i \epsilon R_j} b_i \qquad (1)$$

Onde,

- τj , é a data de lançamento prevista do trabalho "j";
- δj, é a data devida para terminar ou entregar o trabalho "j";
- Rj , é o número de operações na rota do trabalho "j";
- ai , é a constante para o tempo estimado em fila de espera na operação "i";
- bi , é a constante para o tempo estimado de processamento da operação "i".

Shortest Total Work Content (STWK), é uma regra orientada para a carga que os trabalhos impõem no sistema. Esta, sequencia os trabalhos (ou ordens) de acordo com o somatório de todos os seus tempos de processamento (*Total Work Content* – TWK) na sua rota de produção. É uma regra que foi usada, por exemplo, por Thürer et al., (2019) para efeito de lançamento em produção. Para efeitos de despacho tem sido usada uma regra derivada desta *Total Work Remaining* (Thürer et al., 2015)

Capacity Slack (CS), sequencia trabalhos de acordo com uma folga de capacidade. Essa folga é obtida com base na seguinte equação:

$$S_j = \frac{\sum_{i \epsilon Rj} \frac{p_{ij}}{N_S^A - W_S^A}}{n_j} \qquad (2)$$

Onde,

- Sj é a folga do trabalho "j";
- pij é o tempo de processamento do trabalho "j" na operação "i";
- N_S^A é o limite de carga (em unidades de tempo) definido para o sistema;
- W_S^A é a atual carga existente no sistema (em unidades de tempo);
- nj é o número de operações pelas quais o trabalho "j" passa no seu roteiro.

Assim, isto significa que, quanto menor for o valor da folga Sj, maior a prioridade do trabalho "j" para ser lançado, uma vez que irá contribuir para um melhor balanceamento da carga. Esta regra foi utilizada, por exemplo, por Thürer et al., (2019) no âmbito de um sistema CONWIP para lançamento em produção.

Capacity Slack number of Jobs (CSjob) é idêntica à anterior, mas utiliza o número de operações para calcular a folga de capacidade. Corresponde a colocar o p_{ij} da fórmula (2) igual a 1. Esta regra foi criada tendo em conta o CONWIP uma vez que este método frequentemente contabiliza o número de trabalhos no sistema e não a carga em termos de tempo de processamento (Thürer et al., 2017).

Modified Capacity Slack (MODCS), é uma regra de sequenciação com uma lógica diferente das apresentadas anteriormente. Esta regra subdivide os trabalhos ou ordens em duas categorias: urgentes e não urgentes. Os trabalhos urgentes são aqueles cuja data de finalização planeada numa dada estação de trabalho já foi atingida. Os não urgentes são todos os outros. Aqui, obviamente, os trabalhos urgentes tomam prioridade sobre os não urgentes. Ao utilizar MODCS possibilita combinar regras orientadas para o tempo e regras orientadas para a carga numa única. Isto significa que, quando o trabalho é urgente é usada uma regra orientada para a carga para acelerar o número de trabalhos que podem ser processados. Depois, para os trabalhos não urgentes utiliza a regra PRD, orientada para o tempo, para sequenciar os restantes trabalhos (Molenda et al., 2020).

Lowest Net Flow Position (LNFP), é uma regra de sequenciação que foi testada para efeito de despacho em DDMRP. Essencialmente a fórmula da *Net Flow Position* (NFP) leva em consideração o stock existente, as ordens ou quantidades em produção e a procura, da seguinte forma:

$$\text{NFP} = \text{quantidade stock} + \text{quantidade em produção} - \text{procura} \qquad (3)$$

Quanto menor a NFP de um dado produto maior a probabilidade para a ocorrência de stockouts, pelo que a conclusão destes trabalhos (ordens) é prioritária, sendo ordenados pelo menor valor (*lowest*) de NFP, i.e., LNFP. Esta regra foi usada por Guedes et al.,(2022) para efeito de despacho, mas ao nosso melhor conhecimento ainda não foi testada para efeito de lançamento em produção, ainda que seja proposta para este âmbito pelos autores do DDMRP, sendo como tal objeto do nosso estudo. Em concreto, os autores de DDMRP, sugerem uma ordenação pelo menor valor de percentagem da *net flow position*, de acordo com a fórmula 4 (Smith, 2018). Isto é particularmente relevante quando os valores de TOG são diferentes de produto para produto.

$$LNFP2 = \frac{NFP}{TOG} \qquad (4)$$

Highest Buffer Penetration Ratio (HBPR), esta regra, ao contrário da LNFP é proposta no contexto do DDMRP para efeito de despacho (*Priorirty in Execution*). De facto, esta regra foi preconizada para efeito de despacho no espaço fabril, não tendo sido testada para efeito de lançamento em produção, contudo não se visualizam limitações à sua aplicação neste contexto, pelo que será objeto do nosso estudo. O *Buffer Penetration Ratio* (BPR) refere-se a uma percentagem do stock de segurança. Quanto maior o nível de penetração no *buffer* menor a quantidade de stock em percentagem do stock de segurança ou TOR (*top of red*). O BPR é calculado dividindo o stock de um produto pelo TOR (top of red) e obtendo o seu inverso.

Tendo sido identificadas algumas das regras de sequenciação existentes na literatura para lançamento em produção, muitas das quais também usadas para despacho no espaço fabril, este estudo centra-se nas seguintes regras: FCFS, LNFP e HBPR. A escolha destas deve-se ao seguinte:

- FCFS tem sido amplamente usada na literatura para efeito de *Benchmark*, sendo uma das regras mais comuns em sistemas de produção e tal como explicado anteriormente, o seu uso é recomendado no CONWIP como regra de despacho como forma de minimizar a variabilidade.
- LNFP e HBPR são recomendas no DDMRP, a primeira para lançamento em produção (planeamento) e a segunda para despacho (execução). Pelo que se pretende perceber como desempenham estas regras no contexto de lançamento, uma vez que ao nosso melhor conhecimento não existem estudos na literatura relativos ao seu desempenho.

2.4. Revisão da Literatura

Neste subcapítulo é apresentada a revisão da literatura referente ao “DDMRP”. Para o efeito, foi elaborado uma pesquisa na base de dados SCOPUS em Setembro de 2024 para identificar potenciais *gaps* na literatura.

Tabela 1- Artigos relativos ao DDMRP - Análise da base de dados SCOPUS

Autores	**Descrição do estudo**
(Dessevre, G. & Benali, M., 2024)	Este artigo pretende propor uma nova abordagem para uma gestão dinâmica da capacidade para o DDMRP e, comparar essa gestão com a que foi proposta pelos autores de DDMRP. A conclusão foi de que a abordagem de gestão da capacidade proposta neste estudo maximiza melhor a carga de trabalho, assegurando simultaneamente um elevado nível de satisfação do cliente.
(Fernandes et al., 2024)	Este artigo pretende estudar o desempenho de regras de despacho do DDMRP em determinadas condições. A conclusão obtida pelos autores foi que na maioria dos cenários, a regra de despacho HBPR tem melhor desempenho que a LNFP.
(Damand et al., 2024)	Este artigo pretende optimizar a parametrização do DDMRP na presença de múltiplos produtos e capacidade infinita. A limitação desta capacidade é modelada na limitação do WIP (*work-in-progress*).
(Xu et al., 2023)	Este artigo apresenta um novo método de planeamento de produção MTS tentando optimizar essa produção sob restrições de recursos. No fim, o estudo permitiu concluir que este novo método parece funcionar melhor em situações que a procura é variável.
(Aguilar et al., 2023)	Este artigo procura utilizar a capacidade que o DDMRP possui para determinar a procura de produtos e o comportamento dos fornecedores para que, com recurso a inteligência artificial, determinar quando e quanto comprar um produto.
(Dessevre et al., 2023)	Este artigo aborda um problema numa fábrica da área da cosmética onde o mesmo componente ser usado para produzir vários tipos de produto final pode resultar em problemas na decisão de atribuição. Utilizando DDMRP em conjunto com o CONWIP foi possível reduzir o WIP em 34% assegurando taxas elevadas de serviço.
(Martin et al., 2023)	Este artigo tem como objetivo ajudar nas politicas de dimensionamento dos *buffers* do DDMRP enquanto maximiza a performance do espaço fabril.

(Marzougui et al., 2022)	O presente artigo pretende identificar os principais fatores de relacionamento entre a Indústria 4.0 e o DDMRP. O resultado deste estudo foi a proposta de um modelo de integração entre a Indústria 4.0 e o DDMRP.
(Thürer et al., 2022)	Este artigo pretende comparar diferentes sistemas PPC numa linha de montagem com multi-estágios. Compara Kanban, MRP, OPT e DDMRP. Foi concluído que a sua performance é dependente de várias fatores no entanto, seja em situações de *bottleneck* ou sem *bottleneck*, o DDMRP apresenta sempre um dos melhores desempenhos.
(Azzamouri et al., 2021)	Este artigo pretende analizar a evolução temporal do DDMRP, ou seja, desde a sua criação, que melhorias e estudos foram propostos na literatura. Foi concluido pelos autores que o DDMRP ainda não foi suficientemente estudado e que ainda carece de mais pesquisa, principalmente no que se refere à sua adaptabilidade em diferentes ambientes complexos.
(Kortabarria et al., 2018)	Este artigo teve como principal objetivo analizar os resultados quantitativos e qualificativos após a passagem de um sistema MRP para DDMRP de uma determinada empresa. No final, foi possível concluir que, para a empresa em questão, o DDMRP melhorou visivelmente a performance da cadeia de fornecimento. Foi detetado uma redução de *stock* de 52,53% enquanto que o consumo de material foi aumentado em 8,7%. Tudo isto mantendo um nível elevado de serviço.

Do acima exposto conclui-se que dos artigos em que o DDMRP e CONWIP são combinados, como por exemplo Martin et al. (2023), Thürer et al. (2022) ou Dessevre et al. (2023), as regras de sequenciação não são avaliadas em *performance.*

3. Estudo de Simulação

Neste capítulo é descrito o estudo de simulação realizado para comparar o desempenho das regras de sequenciação em estudo. No primeiro subcapítulo, 3.1, é apresentado o *software* de simulação usado, o ARENA, no subcapítulo seguinte é descrito o sistema de produção considerado no estudo, no subcapítulo 3.3, é detalhado o modelo desenvolvido e finalmente no subcapítulo 3.4 são apresentadas as condições de simulação consideradas no estudo e a interface gráfica desenvolvida.

3.1. *Software* de Simulação

Para a construção do modelo de simulação para este trabalho foi utilizado o *software* ARENA. O ARENA é um *software* que pertence à Rockwell Automation que é conhecida por, entre outros, os seus PLCs. Quanto ao ARENA em si, trata-se de uma ferramenta poderosa que oferece ao seu utilizador uma maneira simples, eficiente e confiável de simular, modelar e melhorar os processos produtivos.

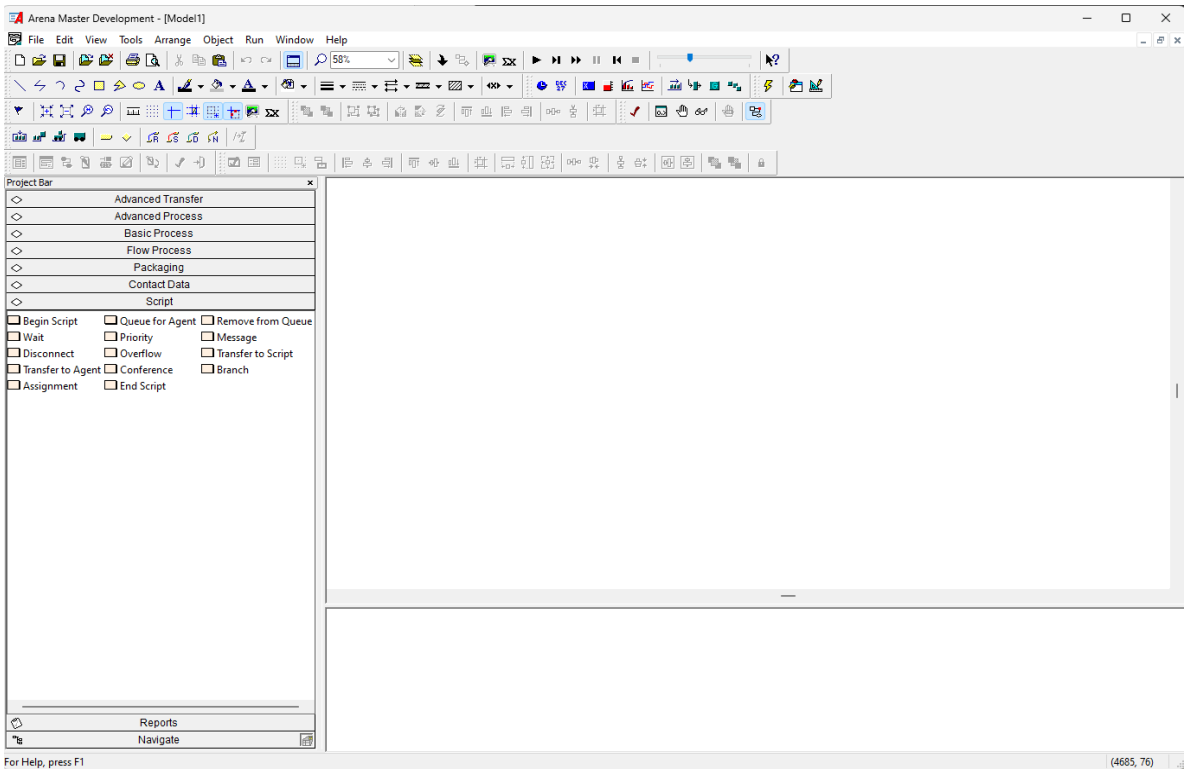


Figura 8: Ambiente de simulação do ARENA

O ARENA pode e é utilizado numa variedade de setores, entre eles: na área dos cuidados de saúde, na área automóvel, na área portuária, na área de suporte *call-center* e na área de produção de equipamentos, entre outros. Assim, é possível criar modelos complexos e altamente confiáveis. Dito isto, também não é necessário conhecimentos prévios de programação, ainda que possam ser úteis. É assim, por estas razões, e por o *sofware* se encontrar disponível nos laboratórios do ISEP, que o *software* foi selecionado para o estudo. A figura 8, representa o ambiente de simulação em ARENA.

Relativamente ao modelo usado, as ferramentas do ARENA em maior foco foram a Project Bar, os parâmetros de configuração de execução e as macros em Visual Basic. A barra de projeto ou *Project Bar*, encontra-se do lado esquerdo da figura 8, e é onde se encontram os módulos para a construção do modelo, como os de entrada e de saída de entidades, i.e., *Create* e *Dispose,* respetivamente, entre outros. Na *Project Bar* é então onde serão escolhidos os módulos a incluir no modelo assim como é o local onde se pode proceder à adição de dados ao modelo.

No ARENA existe também a possibilidade de correr macros por *Visual Basic*. É possível criar uma interface gráfica para facilitar a interação com o modelo de simulação, por exemplo como ilustrado na figura 9.

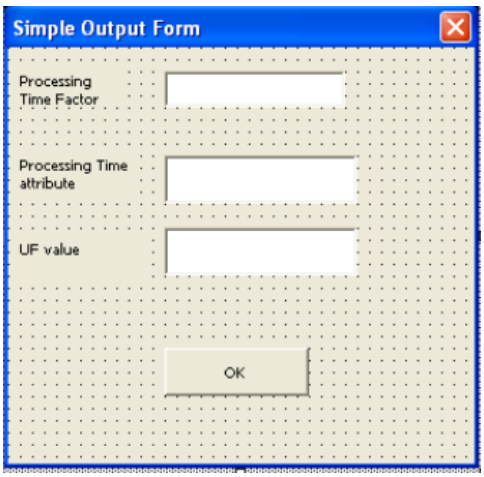


Figura 9: Exemplo de interface gráfica criada em *Visual Basic*

3.2. Sistema de Produção

O sistema de produção usado no estudo de simulação é composto por diversas estações de trabalho, sendo aí produzidos 10 tipos de produtos diferentes (A, B, ..., J) e que o cliente pode encomendar. Para a produção de cada um dos produtos são requeridas 3 operações, cada uma delas numa estação de trabalho (*workstation*) diferente.

Três configurações para o arranjo físico das estações de trabalho foram consideradas no estudo, nomeadamente A , V e O, as quais se encontram ilustradas nas figuras 10, 11 e 12, respetivamente.

Na configuração do tipo A, estão presentes 5 estações de trabalho, convergindo o fluxo dos produtos para uma única estação final, como se ilustra na figura abaixo. Sendo que existem duas possíveis rotas para os produtos. Assim, os produtos A, B, C, D, E são produzidos de acordo com a rota A1 e os restantes de acordo com a rota A2. Pode representar um sistema de produção onde ocorrem operações de montagem para a obtenção dos produtos finais, e portanto o processo torna-se convergente.

Figura 10: Disposição de Configuração do tipo A

Para a configuração “V”, são novamente usadas 5 estações de trabalho, onde a produção se inicia numa única estação de trabalho e depois diverge para estações de trabalho diferentes, como ilustrado ma figura abaixo. Pode representar um sistema de produção que a partir de alguns componentes ou módulos, se pode produzir uma diversidade de produtos finais.

Figura 11: Disposição de Fábrica V

Por fim, na configuração “O”, todas as rotas dos diversos produtos começam e terminam nas mesmas estações de trabalho, ainda que diferentes, como ilustrado na figura 12.

Figura 12: Disposição de Fábrica O

O sistema DDMRP foi implementado com dois *buffers*, como ilustrado nas figuras. Independentemente da configuração considerada, existe: um à entrada, referente a matéria-prima e outro à saída, referente aos produtos acabados. O sistema DDMRP funciona da seguinte forma: a procura é satisfeita a partir do stock de produto acabado. Considera-se que a procura se encontra uniformemente distribuída, i.e. com igual probabilidade de o cliente selecionar (encomendar) um dos dez tipos de produtos. A quantidade de cada tipo de produto em stock vai então reduzindo gradualmente, com o seu consumo, até que seja atingido o ponto de encomenda*,* referido na literatura DDMRP como TOY (*Top of Yellow*). Quando esse ponto é atingido, é gerada uma ordem de reposição de produto em questão para reestabelecer o stock do *buffer* no valor do TOG (*Top of Green*). As ordens de reposição são posteriormente consideradas para lançamento em produção pelo sistema CONWIP e lançadas no buffer de matéria-prima para recolha dos materiais necessários e início de produção.

Uma vez lançadas em produção, sendo para tal selecionadas de acordo com uma regra de sequenciação, o seu despacho nas estações de trabalho é baseado na regra FCFS, como sugerido no contexto do CONWIP. Isto significa que a partir do momento em que uma ordem inicia a sua produção, é-lhe alocado um cartão CONWIP, o qual é mantido até que a ordem entre em stock*,* i.e. no *buffer* de produto acabado. Nesse momento o cartão é dissociado da ordem permitindo que possa ser alocado a uma nova ordem que aguarde lançamento.

3.3. Modelo de Simulação

Relativamente ao modelo de simulação, começou-se por criar um stock inicial de cada um dos 10 tipos de produto. Esse stock inicial poderá ser ajustado pelo utilizador, no entanto, para efeitos do nosso estudo, considerou-se um valor igual de *Top of Green* (TOG). Tal como demonstrado na figura 13, os "*Assign*" que se encontram a seguir aos "*Create*" de stock inicial definem o tipo de produto para o qual o stock inicial foi criado. De seguida, o módulo "*match"* irá associar o stock inicial (e o stock dos produtos que são produzidos no sistema de produção) com a procura.

Relativamente à procura, esta segue uma distribuição exponencial. Após a sua ocorrência é determinado o tipo de produto, isto é feito no módulo "*Assign D"* da figura 13, sendo de seguida determinado se, após a ocorrência da procura, é necessário gerar de uma ordem de reposição. Para tal, é colocado no módulo "*Separate*" a seguinte condição:

$$NFP(tipo\ produto) \leq TOY(tipo\ produto) \times [(TOG(tipo\ produto) - NFP(tipo\ produto))] \quad (5)$$

Se esta condição, definida no modulo "*Order Generation*" não for verdadeira, então a procura é satisfeita a partir do FGI sem gerar uma ordem de reposição. No entanto, se for verdadeira, é necessário proceder à geração de uma ordem de reposição para o tipo de produto em causa. A quantidade da ordem é dada pela diferença entre o TOG e NFP. Em suma, a equação 5 pode ter o valor 0 se a comparação for falsa, no entanto, se verdadeira, assume o valor da quantidade a produzir.

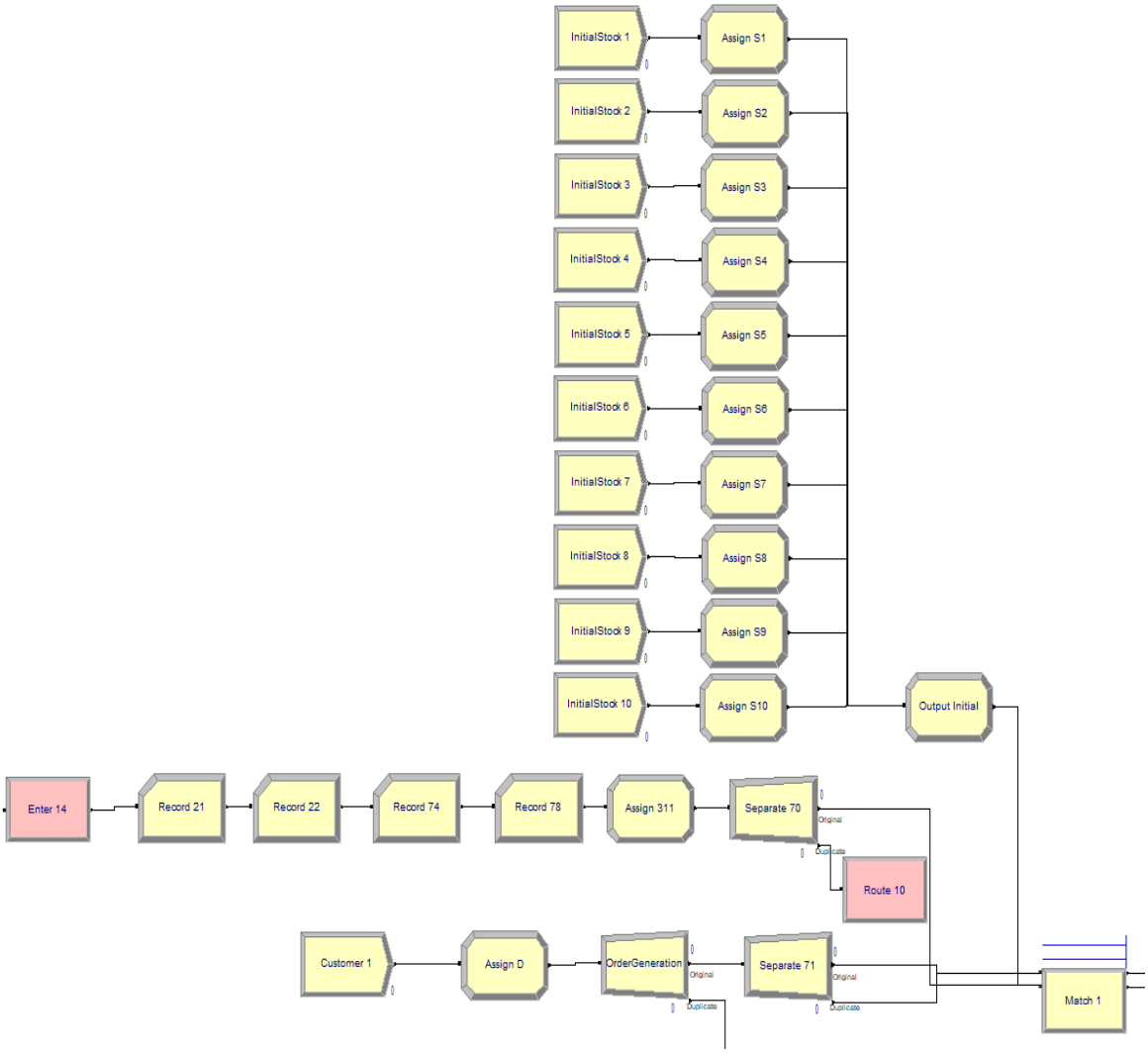


Figura 13: Atribuição de stock inicial , pedido e geração de ordem

Sendo que, no nosso estudo, são consideradas 3 configurações do sistema de produção, foi implementado um processo de decisão como ilustrado nas figuras 14 e 15, para selecionar a configuração a usar, atendendo que para cada configuração existem duas rotas possíveis. Por exemplo, para a configuração do tipo A, existem as rotas A1 e A2, as quais são definidas nos "*Assigns"* A1 *shop* e A2 *shop* respetivamente, tal como ilustrado na figura 14. No primeiro "*Decide"* da figura é selecionada a configuração e no segundo a rota. Ou seja, caso a variável tenha o valor 1, este irá usar a configuração A. Caso seja 2, a configuração V e, usando a configuração O alternativamente.

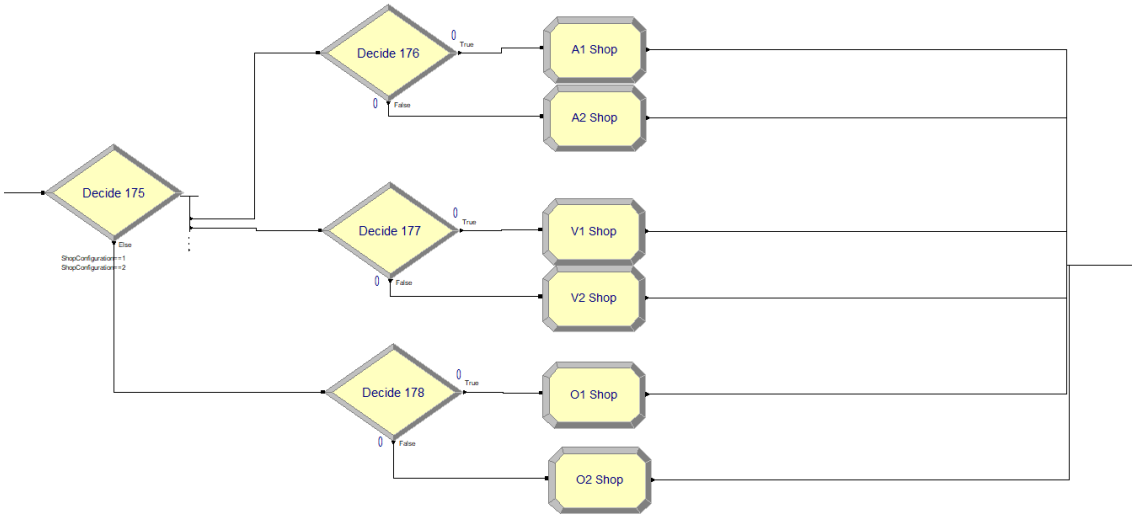


Figura 14: Decisão de configuração da fábrica

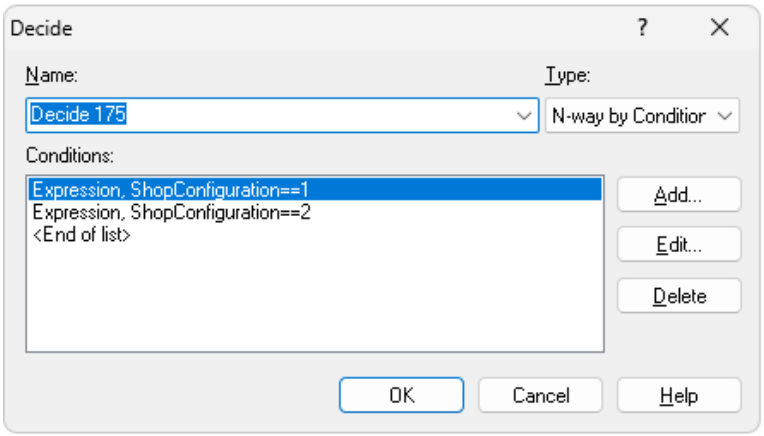


Figura 15: Verificação da variável para atribuição da configuração

Assim, após a geração das ordens de reposição, estas aguardam em carteira onde terão de ser ordenadas de acordo com a regra definida para o efeito. Assim, na figura 16 é ilustrado onde serão definidas as regras que irão ditar o comportamento do sistema. Sendo o "*Decide*" usado para implementar a decisão de lançamento em produção (ou não) de acordo com o limite CONWIP estabelecido.

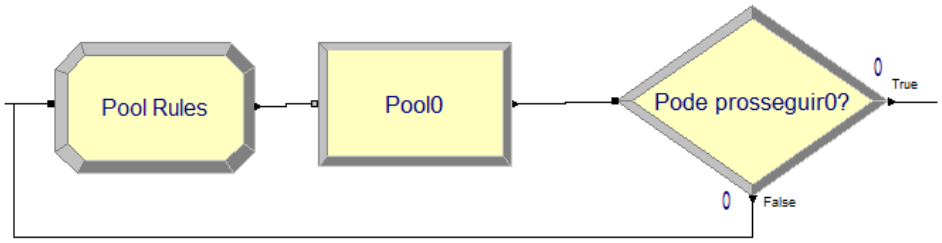


Figura 16: Ordenação dos trabalhos para lançamento em produção

Em suma, é exatamente aqui, na decisão de lançamento em produção, que as regras de sequenciação irão realizar o seu propósito.

No apêndice N apresenta-se um visão geral do modelo de simulação desenvolvido.

3.4. Condições de Simulação e *Interface* Gráfica

Para este trabalho foi preparada uma pequena *interface* gráfica de modo a facilitar pequenas alterações no sistema no modelo de simulação. Esta encontra-se ilustrada na figura 17.

Figura 17: *Interface* Gráfica da Simulação

Nesta interface é possível, de um modo mais simplificado, escolher a configuração do modelo pretendido e dar início à simulação.

Relativamente à simulação, após uma análise de vários parâmetros com vista a obter resultados significativos, optou-se por realizar 100 replicações, em que cada replicação se refere a uma

simulação de 20000 unidades de tempo, e com um tempo de *warm-up* de 5000 unidades de tempo, onde se pode ver pela figura 18.

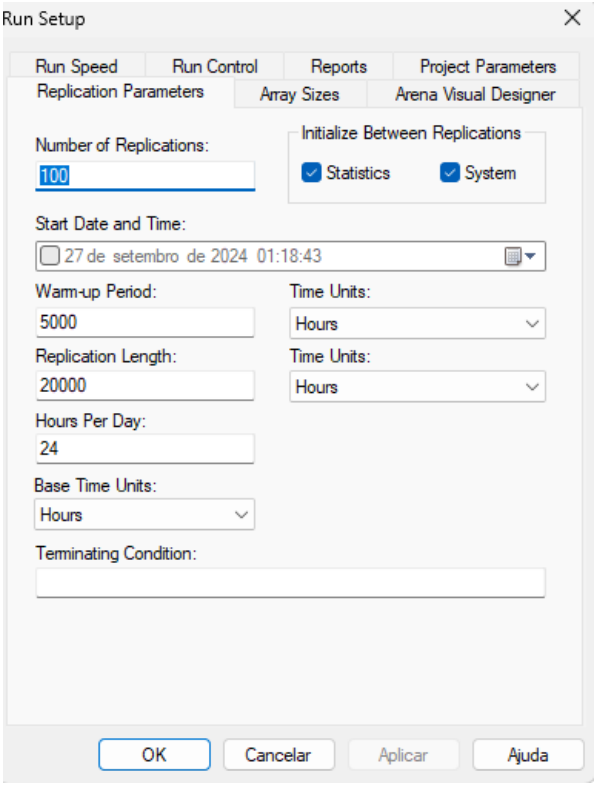


Figura 18: Condições de simulação usadas no estudo

4. Resultados

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados da simulação. Primeiramente, no subcapítulo 4.1 são definidas as medidas de desempenho consideradas para avaliar as regras de sequenciação e o plano experimental considerado. Depois, no subcapítulo 4.2 são apresentados os resultados obtidos. Por fim, no subcapítulo 4.3 é realizado a análise desses resultados.

4.1. Medidas de Desempenho e Plano Experimental

A análise do desempenho do sistema é obtida com base em alguns indicadores ou medidas de desempenho. Dependendo do resultado desses indicadores, irá ser aferido a eficiência das regras de sequenciação testadas em diferentes condições produtivas, ditadas pelo plano experimental abaixo considerado.

Os indicadores considerados são os indicados na tabela 2.

Tabela 2: Indicadores de desempenho das regras de sequenciação

Indicador	**Definição**
Fill Rate	Percentagem de encomendas imediatamente satisfeitas a partir do stock de produto acabado
FGI (*Finished Goods Inventory*)	Stock de produto acabado: refere-se à quantidade média em stock durante o tempo de simulação
STT *(Shop Throughput Time*)	Tempo dos trabalhos no espaço fabril, desde o lançamento até à conclusão da sua produção
TTT (*Total Throughput Time*)	Tempo total no sistema: inclui o tempo na *pool* antes de lançamento e o tempo no espaço fabril
CWTime	Tempo de espera das encomendas que não são imediatamente satisfeitas

Embora sejam consideradas 5 medidas de desempenho, como indicado na tabela anterior, vai-se centrar a atenção na relação entre duas principais, o FGI e *Fill Rate*. Isto significa que, se uma

regra permitir atingir uma mesma *fill rate*, ou nível de serviço ao cliente, que uma outra, mas com menos stock de produto acabado, ou FGI, então esta regra é preferível, uma vez que resulta em menos custos de posse de stock.

No que se refere ao plano experimental a tabela 3 faz o seu resumo.

Tabela 3: Cenários analisados

Fator Experimental	**Níveis de Experimentação**
Regras de sequenciação	FCFS (*First Come First Served*); Lowest NFP (LNFP); *Highest Buffer Penetration Ratio* (HBPR)
Configuração do Sistema de Produção	A; V; O;
TOY (*Top of Yellow*)	10; 11; 12; 13; 14 (unidades)
TOG (*Top of Green*)	TOY+1; TOY+6 (unidades)
CONWIP Limit	200; 225; 250; 275 (horas)

Sendo assim, foram considerados 360 (3x3x5x2x4) cenários experimentais resultantes da combinação dos diferentes fatores e níveis. No que concerne ao TOY e ao TOG estes foram testados aos valores indicados, sendo estes valores usados em todos os dez tipos de produtos. Por exemplo, se o TOY for fixado a 14 unidades para os diversos produtos, TOG será de 20 unidades para estes produtos, quando este é fixado a TOY+6 e será de 15 unidades, quando este é fixado a TOY+1. O TOY corresponde ao chamado ponto de encomenda, ou seja, corresponde à quantidade em stock que, quando atingida, resulta na geração de uma ordem de produção ou reposição. A quantidade de reposição é obtida pela diferença entre o TOG e o NFP. Por exemplo, admitindo que o TOG é de 20 unidades e que o corrente NFP é de 13 unidades, então a quantidade de reposição será de 7 unidades.

4.2. Resultados

Neste subcapítulo começamos por apresentar, primeiramente, os resultados da configuração tipo A, para a situação de limite mais restritivo ao número de horas, i.e., CONWIP limite = 200 que pode ser lançado em produção. Apresenta-se de seguida o impacto da configuração do sistema produtivo, com base neste mesmo limite de horas e por fim o impacto do sistema do sistema CONWIP, i.e., em que são usados diferentes valores do CONWIP limite. Apresenta-se ainda uma análise de sensibilidade para diferentes valores do TOG (*Top of Green*) por produto, ou seja, quando o TOG é diferente de produto para produto.

4.2.1. Resultados (Configuração Tipo A)

A figura 19 apresenta dois gráficos, um para a curva de *Fill Rate* em relação ao FGI e outra curva para o *Fill Rate* em relação ao CWTime, para a configuração A do sistema de produção, com um limite CONWIP de 200 horas, quando TOG = TOY+1.

Note-se que, quanto maior forem os valores de Fill Rate e menor os valores de FGI, melhor é a performance do sistema. Faz ainda mais sentido quando se tem em consideração que *Fill Rate* é a percentagem de encomendas imediatamente satisfeitas a partir do FGI e o FGI é o stock de produto acabado. É importante ter em conta que esta relação entre o *Fill Rate* e o FGI é o melhor indicador de performance das regras de sequenciação. Num cenário real, ter um FGI muito alto poderia ser traduzido em custos de armazenamento altos. Por fim, na relação CWTime x FGI, pretende-se um valor baixo para o CWTime visto ser o tempo de espera para as encomendas que não são imediatamente satisfeitas e um FGI baixo também.

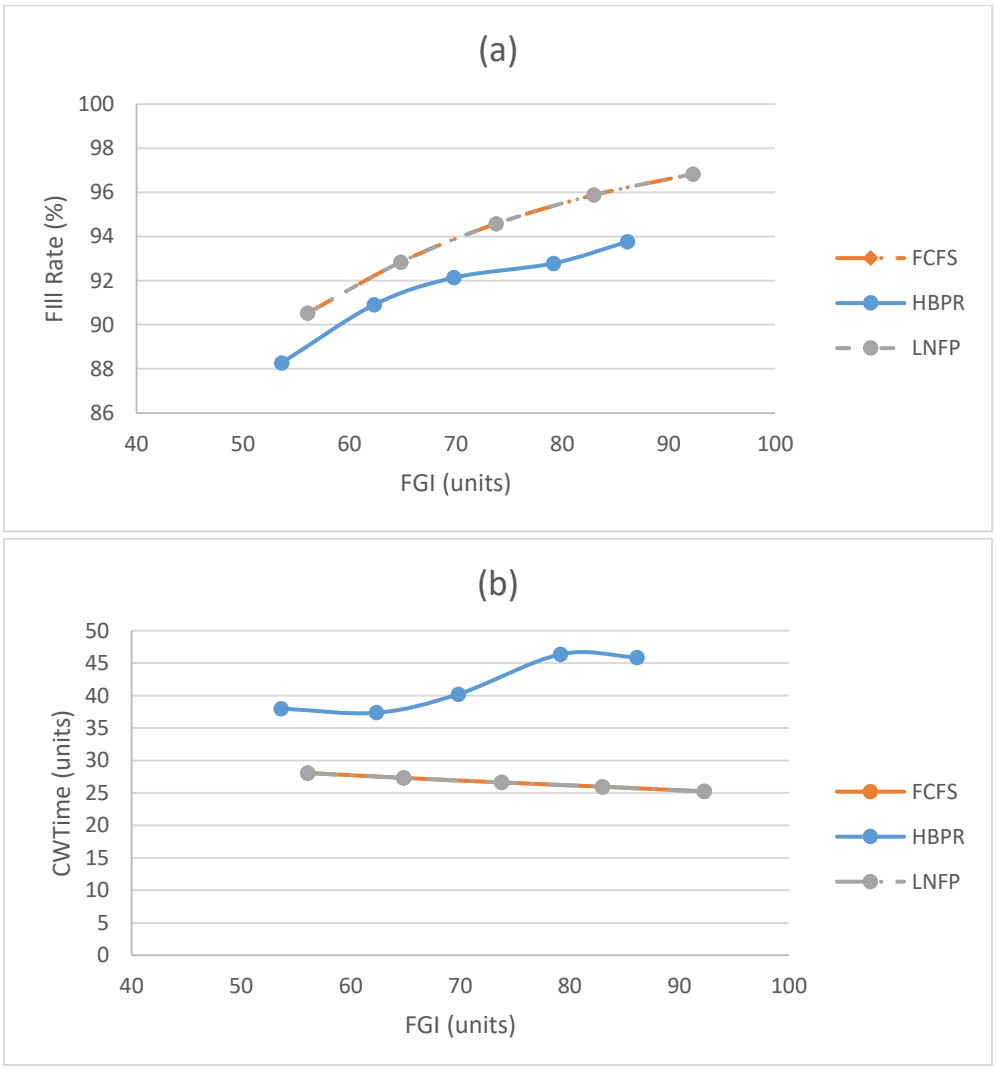


Figura 19: Resultados para Configuração tipo A com TOY+1 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime

Pelos resultados podemos verificar que a regra HBPR tem a pior performance das 3 regras de sequenciação, em termos de stock necessário para atingir uma determinada *Fill Rate* e em termos de tempo de espera do cliente pelo produto requerido. Já as regras FCFS e LNFP apresentam a mesma performance, ou seja, possuem valores idênticos de stock de produto acabado final (FGI), e nível de serviço ao cliente (*Fill Rate*) e tempo de espera pelas encomendas que não são imediatamente satisfeitas a partir do FGI (CWTime).

Apresenta-se agora, na figura 20, os mesmos gráficos, mas para um TOG com mais 6 unidades que o TOY, i.e., TOY+6.

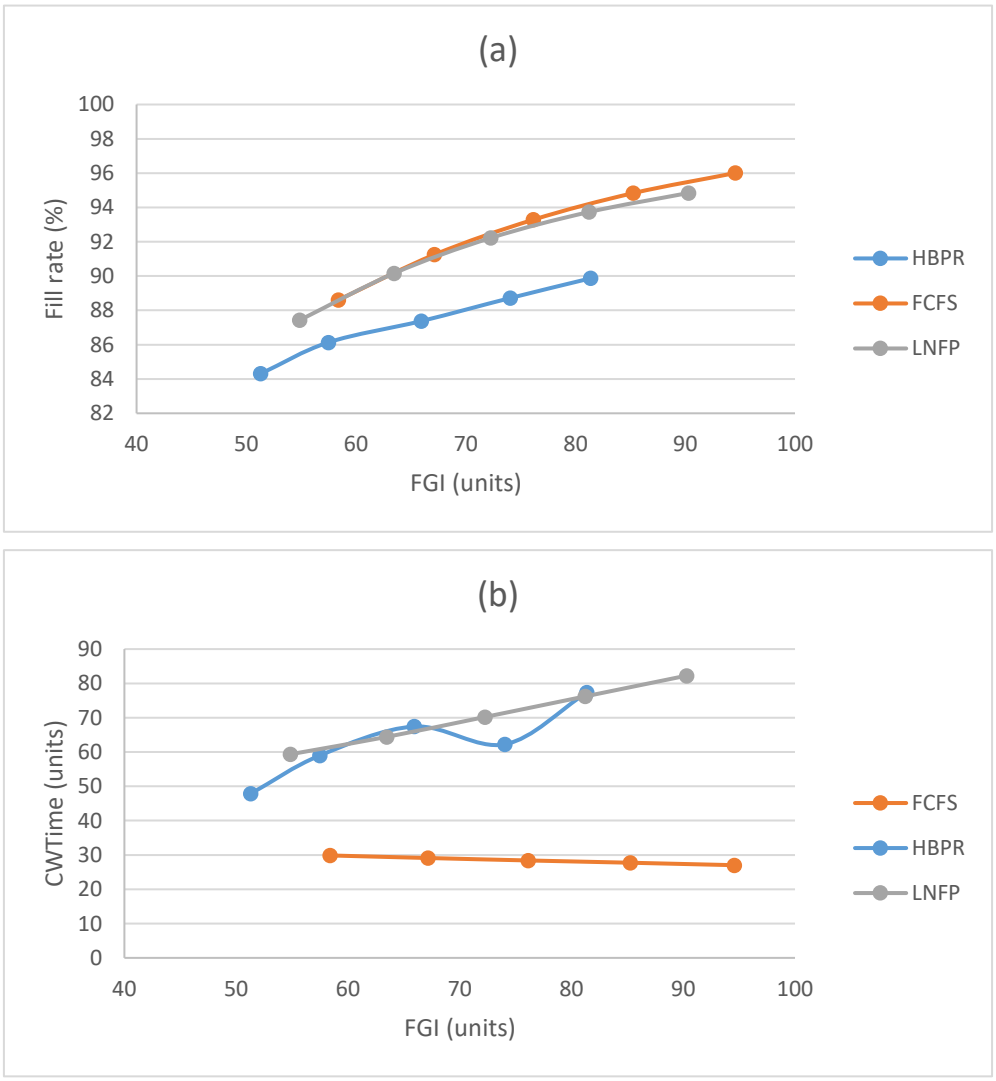


Figura 20: Resultados para Configuração tipo A com TOY+6 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime

Neste caso, os resultados relativos, não se alteram significativamente, e a regra HBPR continua a ter o pior desempenho em termos de *Fill Rate*, no entanto FCFS e LNFP apesar de continuarem semelhantes, não apresentam a mesma performance. Observa-se resultados interessantes para o FCFS que manteve valores idênticos de CWTime e FGI para diferentes TOG, enquanto

que LNFP, teve uma performance inferior no que se refere a CWTime. HBPR continua a apresentar resultados semelhantes nos diferentes niveis de TOG.

No que concerne ao impacto do TOY (ponto de encomenda) e do TOG, pode-se concluir que maior TOY resulta num valor de *Fill Rate* melhor e, um maior TOG (i.e., TOY +6) traduz-se em ordens de reposição maiores, e portanto numa carteira de encomendas (ou *Pool*) com mais unidades o que pode evidenciar melhor o desempenho das regras de sequenciação.

Na secção seguinte é apresentado o que acontece se se alterar a configuração do sistema de produção.

4.2.2. Impacto da Configuração Produtiva

Tal como descrito no subcapítulo 3.2 foram consideradas 3 configurações produtivas no estudo. Após a apresentação dos resultados da configuração A no subcapítulo anterior, segue os resultados das outras configurações de forma a entender o impacto que esta pode ter nos resultados.

Apresentam-se primeiramente os resultados para a configuração produtiva V para TOG= TOY +1 e TOG= TOY +6 e depois os resultados da configuração O para os mesmos dois valores do TOG.

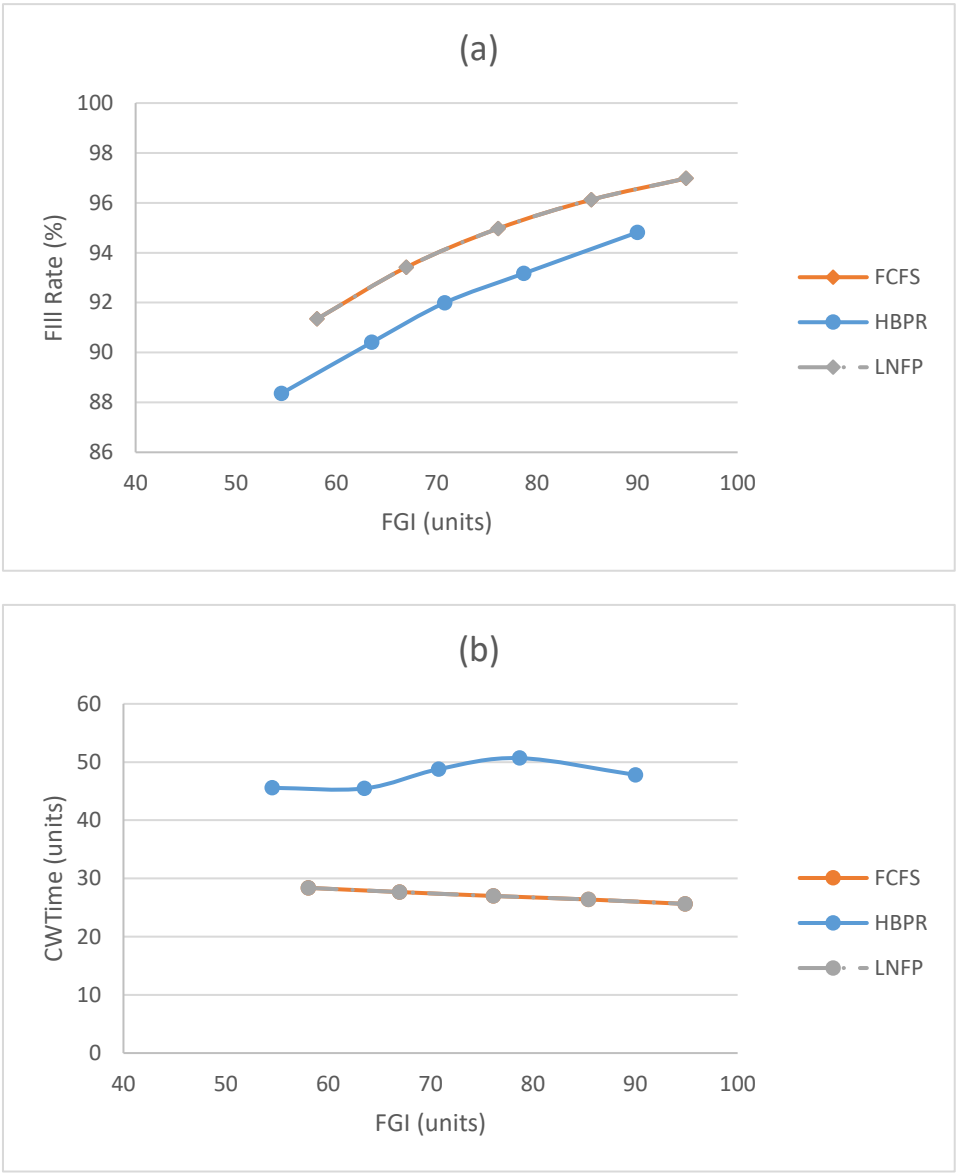


Figura 21: Resultados para Configuração tipo V com TOY+1 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime

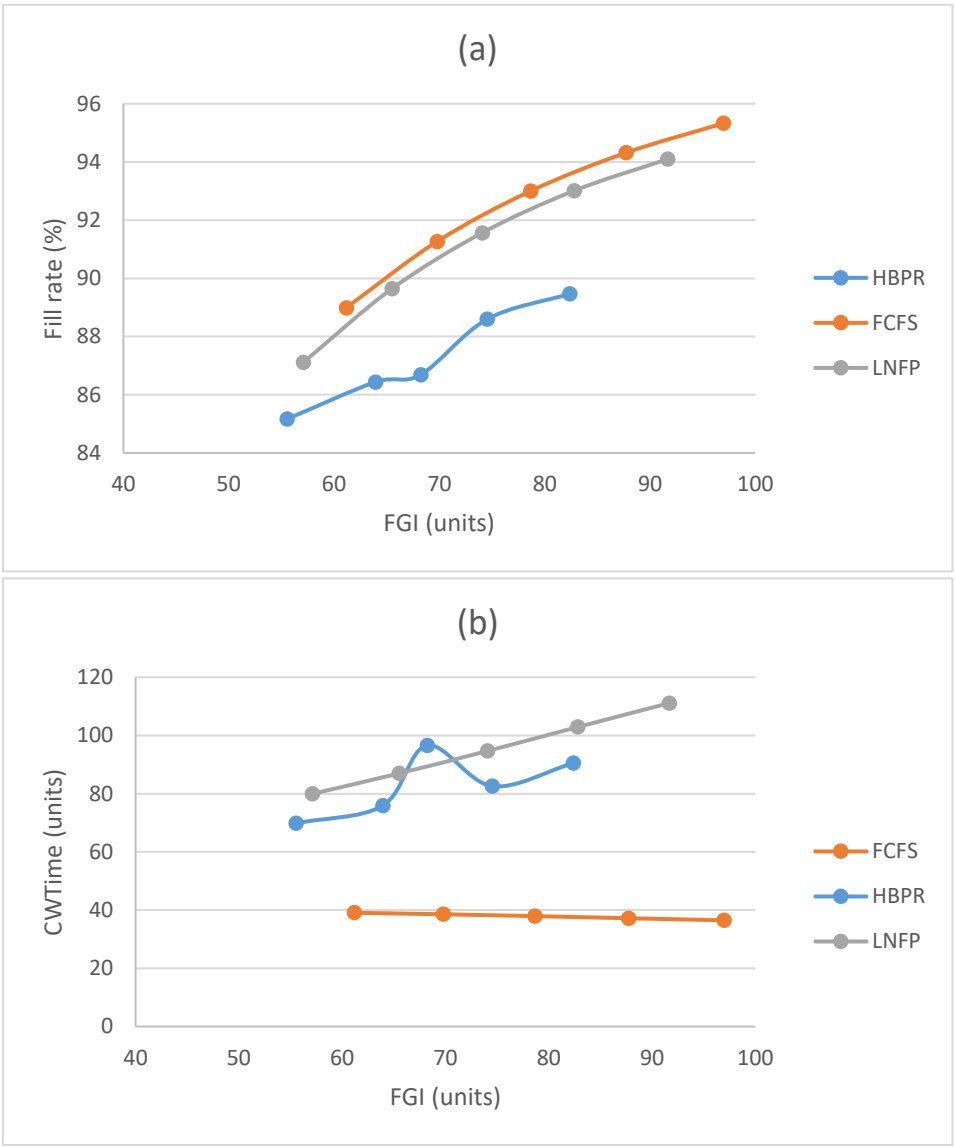


Figura 22: Resultados para Configuração tipo V com TOY+6 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime

Como se pode observar das figuras, o desempenho relativo das regras não se altera, para a configuração V.

Por fim, apresentam-se os resultados da configuração tipo O, nas figuras 23 e 24.

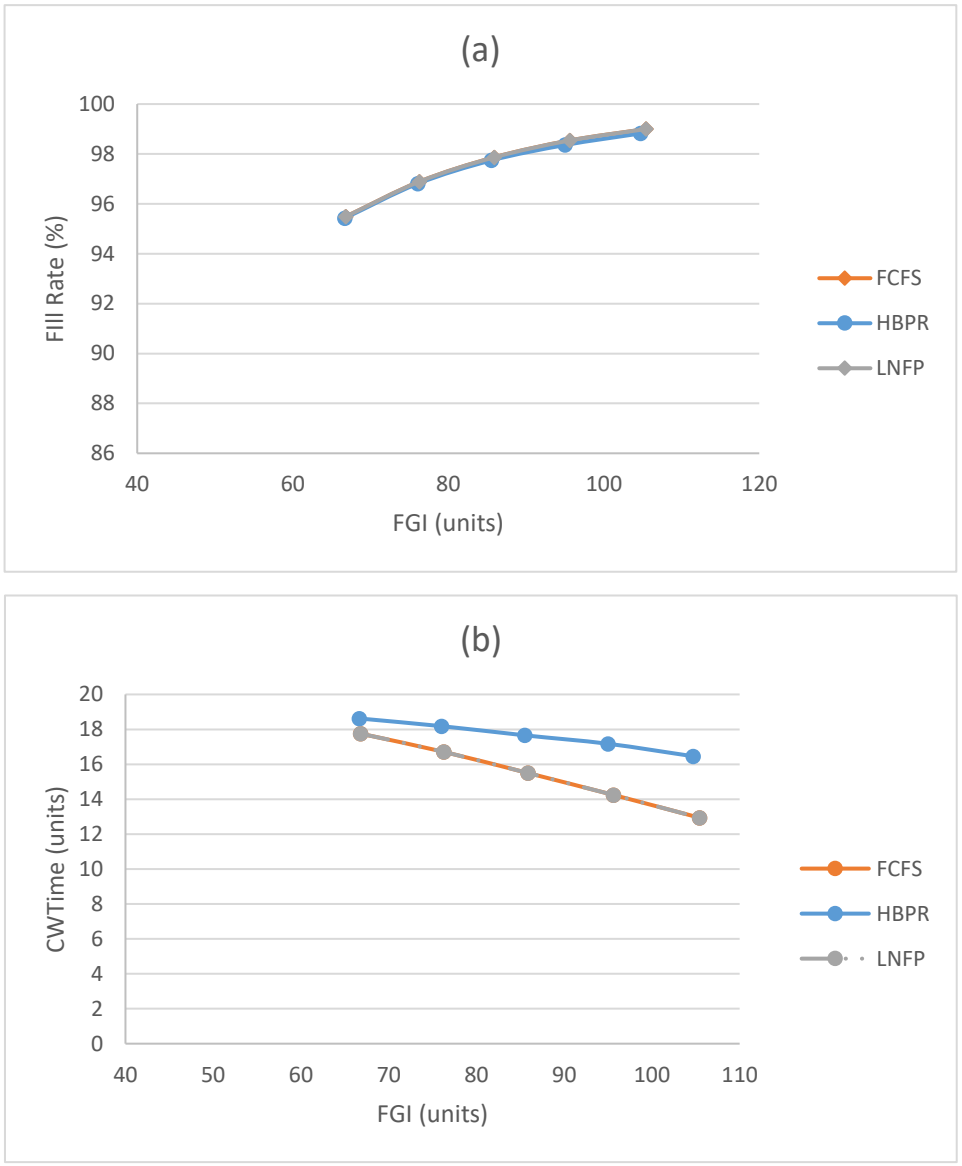


Figura 23: Resultados para Configuração tipo O com TOY+1 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime

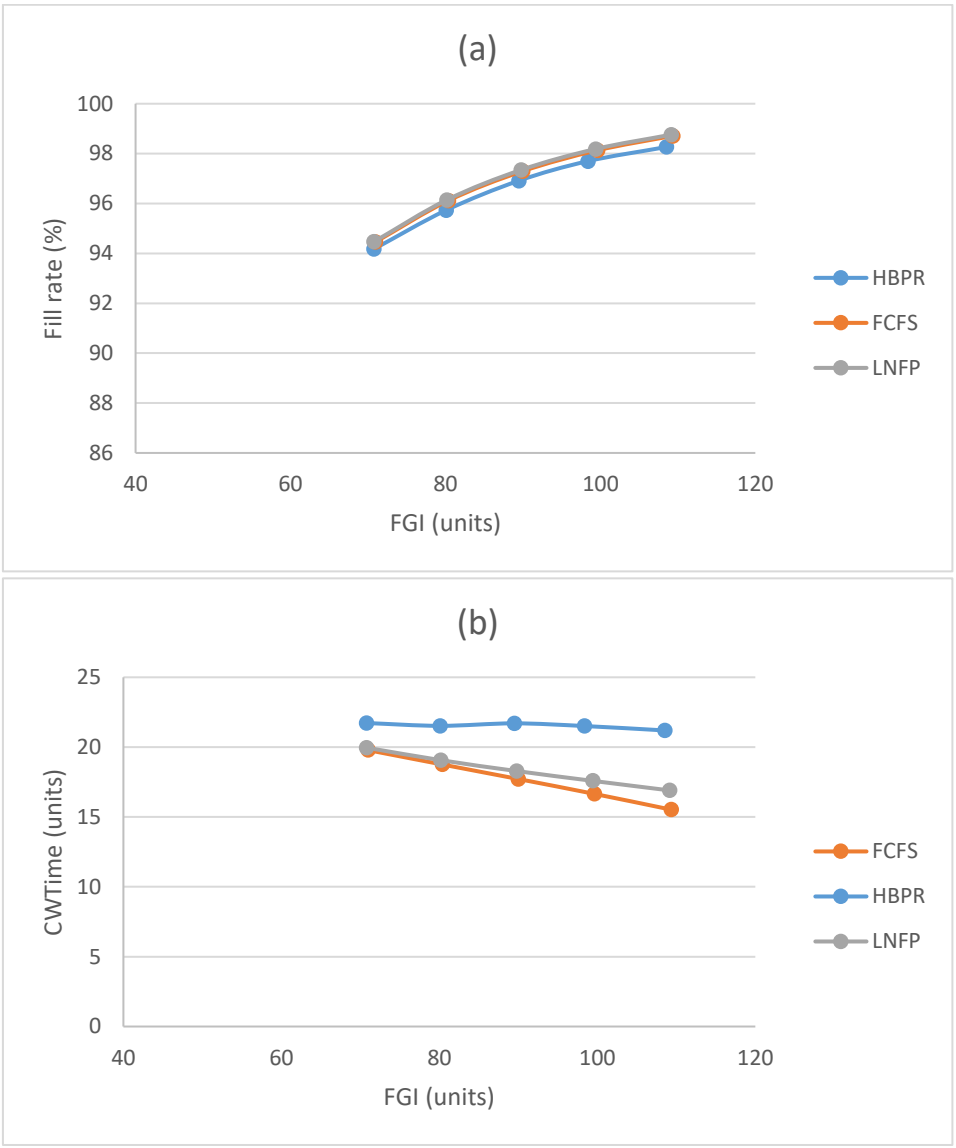


Figura 24: Resultados para Configuração tipo O com TOY+6 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime

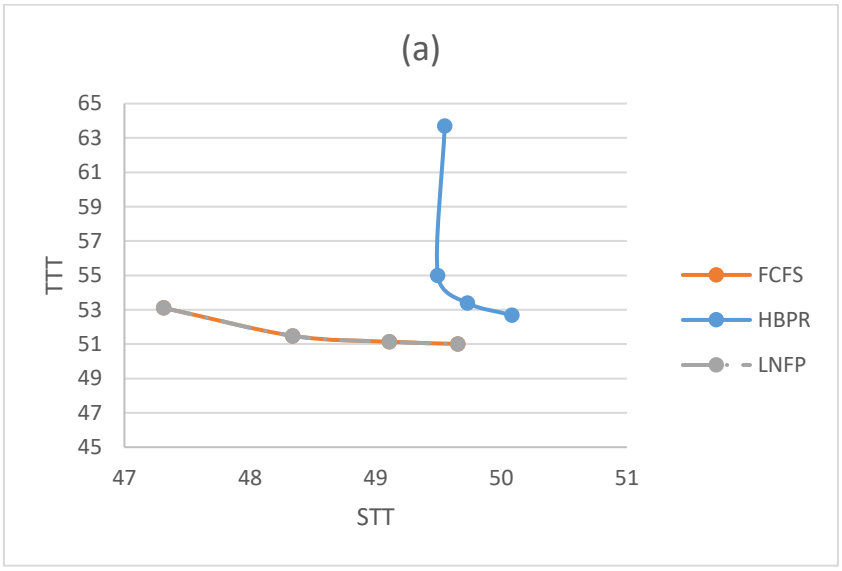
Neste caso a regra HBPR melhorou consideravelmente, apresentado todas as regras de sequenciação um desempenho muito semelhante.

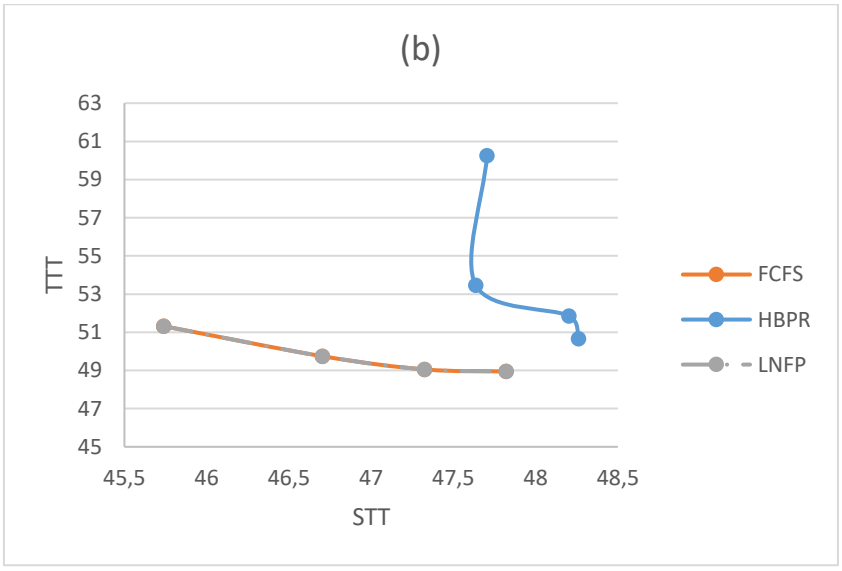
A configuração O parece contudo resultar ligeiramente em mais stock em todos os cenários, mesmo tendo uma ligeira melhoria de *Fill Rate* e CWTime's mais baixos e estáveis.

É importante mencionar que, apesar da configuração do sistema de produção ter impacto na performance das regras de sequenciação, parece ter impacto idêntico nas configurações A e V.

4.2.3. Impacto do CONWIP

Nas figuras seguintes apresenta-se o impacto dos diferentes valores de CONWIP *limit*, i.e., da carga que pode ser lançada em produção por *loop*, nomedamente, 200, 225, 250 e 275 horas. Estes gráficos mostram a relação entre o TTT e STT, para as diferentes regras de sequênciação e para cada uma das 3 configurações do sistema produtivo.





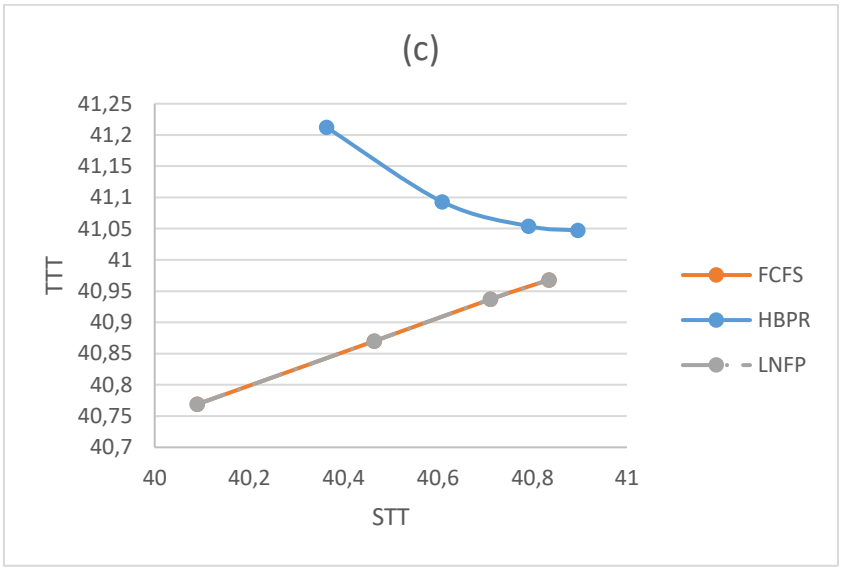
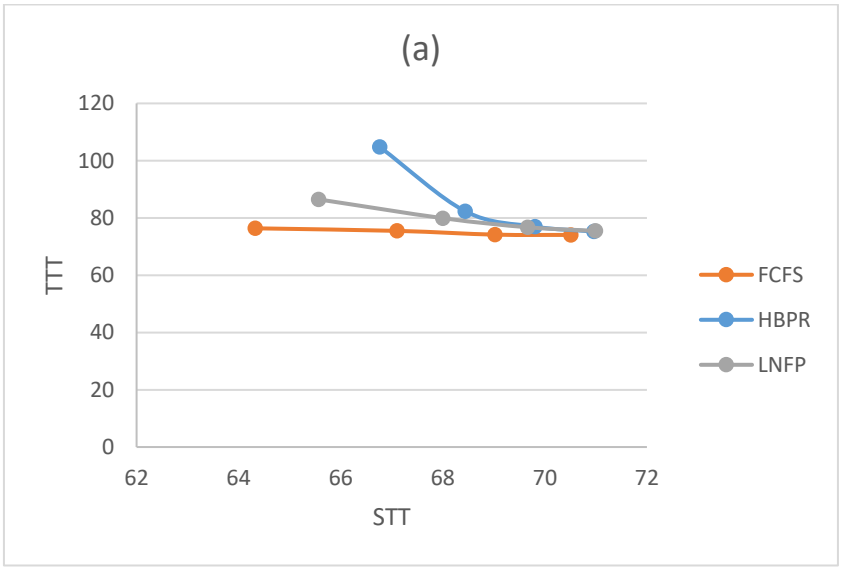


Figura 25: Resultados para a relação STT vs. TTT com TOY+1 para: (a) Config. A , (b) Config. V e (c) Config. O



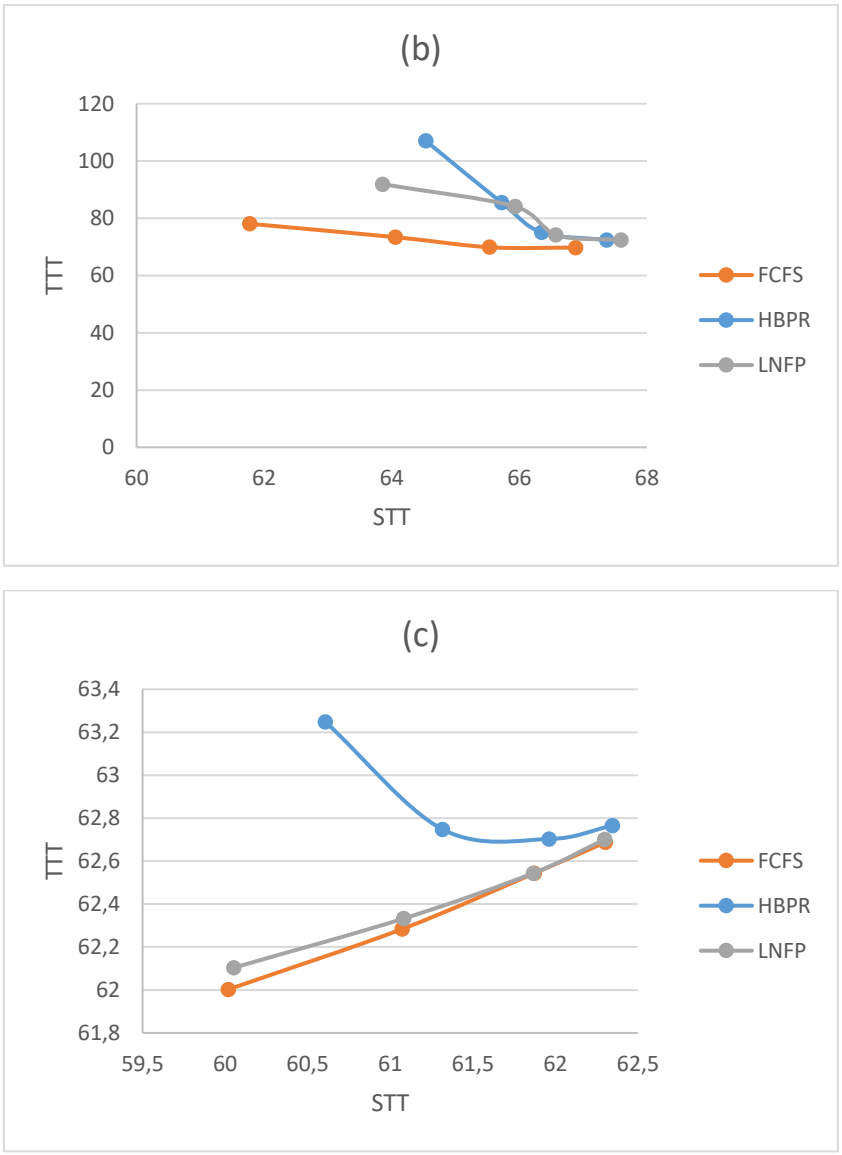


Figura 26: Resultados para a relação STT vs. TTT com TOY+6 para: (a) Config. A , (b) Config. V e (c) Config. O

Como se pode observar dos gráficos, a restrição da carga que é lançada em produção conduz a uma redução do STT, i.e., dos tempos que os trabalhos (ordens) passam no espaço fabril, tal como seria de esperar. Esta redução, de uma forma geral, é obtida ao custo de um aumento do TTT. Ou seja, os trabalhos (ordens) passam a aguardar na *pool*, e o tempo de espera aí aumenta mais que o tempo no espaço fabril é reduzido por redução do CONWIP *limit*. Contudo, este efeito parece ser menor para a regra FCFS do que para as outras regras. Uma exceção a este comportamento parece observar-se na configuração tipo O, onde o CONWIP consegue fazer um melhor balanceamento da carga, particularmente nas regras FCFS e LNFP, o que conduz a uma redução do TTT, isto se o CONWIP *limit* não for reduzido demasiadamente.

4.2.4. Análise de Sensibilidade

De forma a efetuar uma análise de sensibilidade das regras a valores heterogéneos do TOG, o plano experimental foi alargado conforme indicado na tabela 4. Considerou-se o valor mais restritivo do CONWIP *Limit*, i.e., 200 horas em cada loop, enquanto os restantes fatores foram testados aos níveis previamente indicados no capítulo 4.2.3.

Assim, quando por exemplo TOY= 14, o TOG é de 15, 16, 17, 18 e 19, para os produtos 1-5, e de 19, 18, 17, 16 e 15 para os produtos 6-10, respetivamente. Da mesma forma, foram ainda testados os seguintes valores 20, 21, 22, 23 e 24 para os produtos 1-5, e de 24, 23, 22, 21 e 20 para os produtos 6-10, respetivamente.

Tabela 4: Análise de Sensibilidade

Fator Experimental	**Níveis de Experimentação**
TOG (*Top of Green*)	TOY+1, TOY+2, TOY+3, TOY+4, TOY+5, para os produtos 1-5 e 10-6, respetivamente. TOY+6, TOY+7, TOY+8, TOY+9, TOY+10, para os produtos 1-5 e 10-6, respetivamente.

Relativamente à regra LNFP foram consideradas duas variantes. Uma em que o valor da NFP é dividido pelo valor do TOG do produto, tal como sugerido na literatura (Smith, 2018) denominada LNFP 2 e outra em que não é feita essa divisão, denominada LNFP 1. Nas seções anteriores, como o valor do TOG é igual por produto, o impacto desta duas variantes é igual, pelo que se designou a regra apenas de LNPF.

Sendo assim, temos 120 cenários possíveis (4x3x5x2x1) onde o TOG é diferente de produto para produto. As figuras seguintes apresentam os gráficos FGI vs. *Fill Rate* e CWTime vs. FGI para a configuração tipo A. Os resultados para as restantes configurações não são aqui apresentados uma vez que não levam a conclusões diferentes, contudo, estes encontram-se nos apêndices D,E,F,G. Estes resultados são para TOG igual a TOY +1.

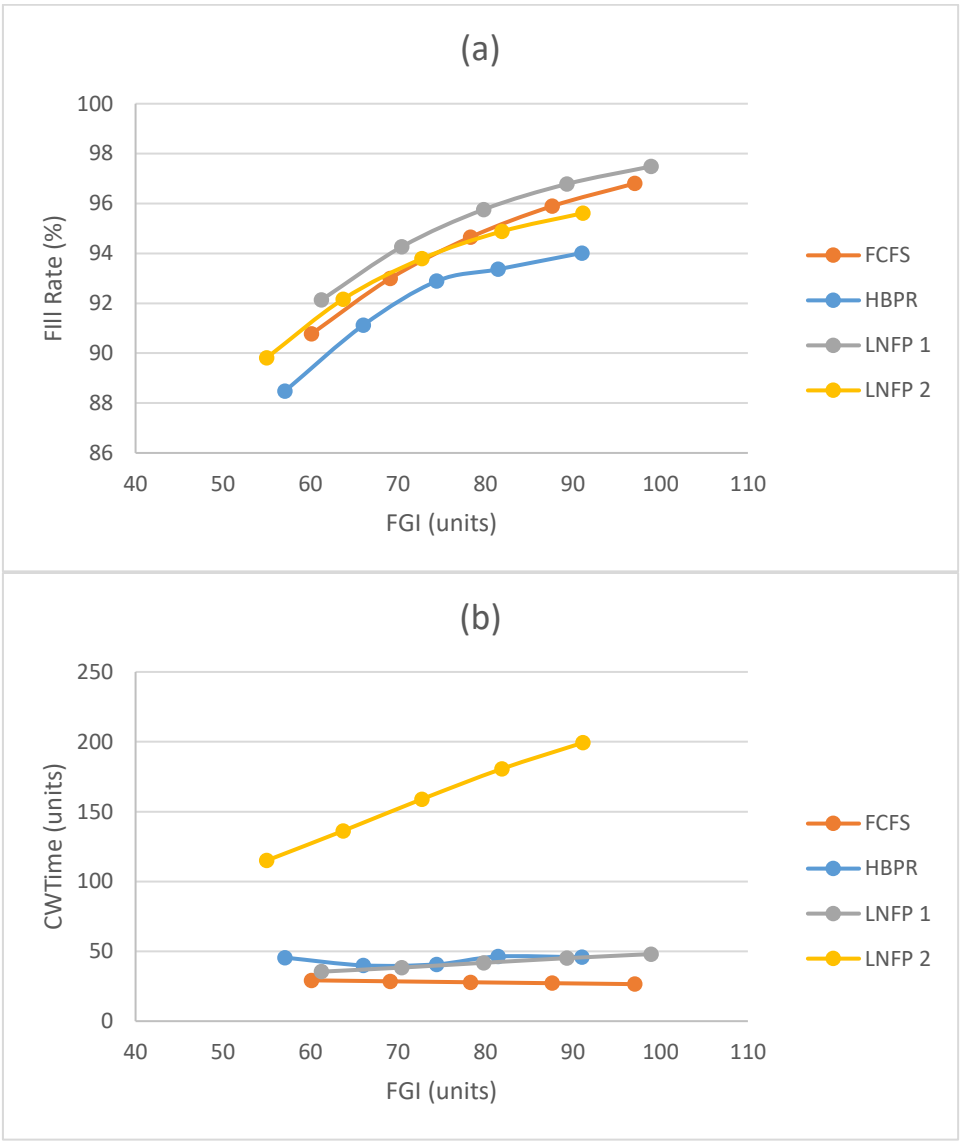


Figura 27: Resultados para Configuração tipo A com TOY+1, ... TOY+5 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime

Como podemos observar na figura 27, a regra LNFP 2 resulta numa deterioração de desempenho relativamente à regra LNFP 1 no que concerne ao valor de *Fill Rate*. No que concerne ao valor do Cwtime, a deterioração é bastante maior. Isto será alvo de análise na próxima seção. A regra HBPR continua a apresentar o pior desempenho, particularmente em termos de *Fill Rate*.

A figura 28 apresenta os mesmos resultados, mas para TOG= TOY+6. Para valores mais elevados do TOG, a regra LNFP 2 parece melhorar o seu comportamento relativo em termos de *Fill Rate*, contudo, isto parece ser conseguido à custa do tempo de espera dos clientes (CWtime), ainda que relativamente à situação TOG= TOY+1 haja uma redução em cerca de 35%.

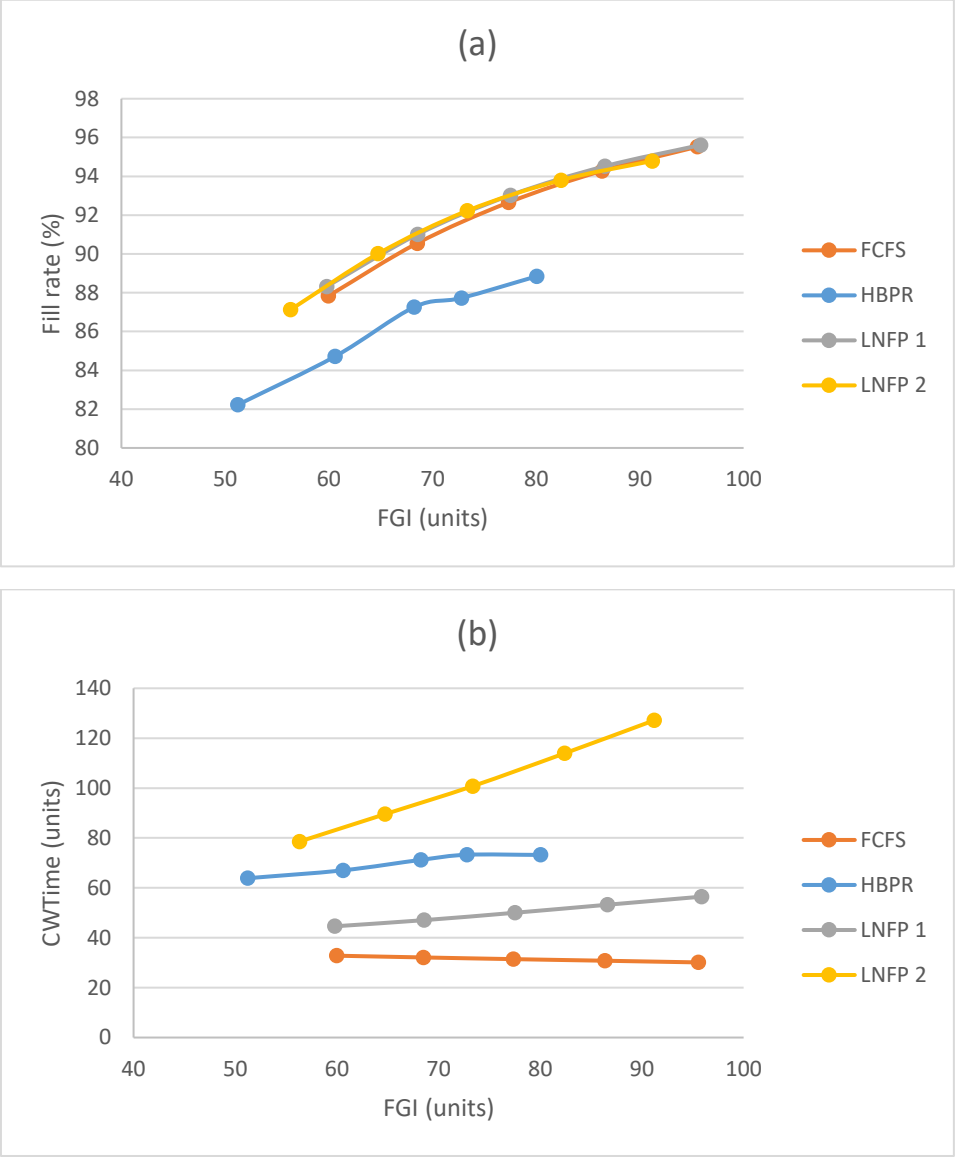


Figura 28: Resultados para Configuração tipo A com TOY+6, ... TOY+10 para: (a) Fill Rate e (b) CWTime

4.3. Discussão de Resultados

No que toca ao principal fator de análise de performance *Fill Rate vs. FGI*, a regra FCFS aparece sempre com boa performance, independentemente da configuração do sistema de produção.

Para o caso de LNFP, os resultados são sempre muito semelhantes aos do FCFS, particularmente quando o TOG = TOY +1 e quando este é igual de produto para produto. Nesta situação, as ordens de reposição tendem a ser de menos unidades pelo que a carteira de encomendas será de menor dimensão, o que reduz o impacto das regras de sequenciação, aproximando-se do desempenho da regra FCFS usada para *Benchmark*. O desempenho destas duas regras está ainda relacionado com o facto de que o produto com menor *net flow position*, ser aquele para

o qual a geração da ordem foi mais cedo, tendo entrado também mais cedo na *pool*, o que coincide com o produto que será lançado em primeiro pela regra FCFS.

Já a regra HBPR apresenta a performance pior. Este resultado pode estar relacionado com o facto do valor do *buffer* se alterar ao longo do tempo, e algum tipo de produto que possa ser prioritário no lançamento, deixar de o ser durante a produção, quando alguns dos produtos do mesmo tipo entram em stock. Note-se que HBPR leva em consideração não só o estado do *buffer*, mas também as unidades que se encontram em produção, pelo que o impacto da alteração do valor dos *buffers* no desempenho da regra será de esperar que seja menor.

Relativamente aos cenários realizados com diferentes valores do TOG de produto para produto, temos que:

De um modo geral, pode dizer-se que para diferentes TOG's, a regra LNFP 1 tem uma performance relativa melhor no que concerne à *Fill Rate*, no entanto, no que concerne ao tempo espera por parte do cliente, FCFS é o que apresenta melhor desempenho. LNFP2 tem um comportamento superior para valores do TOG maiores em termos de *Fill Rate*, contudo resulta em tempos de espera mais elevados para as ordens em atraso. Uma análise detalhada destes tempos de espera por produto, Tabela 5, levam-nos a concluir que os elevados valores de CWTime advém maioritariamente dos tempos de espera do produto 1 e 10.

Tabela 5: Tempos de espera por produto LNFP 2 Configuração A

CWT (AVG)	CWT1	CWT2	CWT3	CWT4	CWT5	CWT6	CWT7	CWT8	CWT9	CWT10
114.9	209.3	14.3	14.1	17.8	13.7	13.8	15.3	13.3	14.4	151.6
136.2	212.9	12.7	12.5	17	12.4	12.4	14	11.7	12.9	153.7
158.9	214.6	11.3	11.2	16.1	11.1	10.7	12.7	10	11.4	154.2
180.6	214.1	9.7	9.2	14.8	9.6	9.3	11.4	8.5	9.6	153.9
199.3	212.6	8.3	7.9	13.6	8	7.2	9.4	6.8	7.9	152.5
78.5	162.1	16.3	17.5	31.6	20.4	19.5	26.9	16.7	15.9	110.3
89.5	163.6	14.9	16.1	30	19.1	18.7	25.7	15.4	14.8	118.2
100.7	165.9	13.7	14.6	29.9	17.5	17.3	24.4	14.2	13.3	117.8
113.9	167.4	12.5	13.1	29.8	16.5	15.7	23.7	12.8	12	118.6
127.2	169.9	10.9	11.9	28.7	13.9	13.4	22.6	11.2	10.2	119.4

Recordando a equação 4, a regra LNFP 2 é obtida com base no rácio NFP/ TOG, o que para uma situação de idêntico valor de NFP para todos os produtos, resulta num rácio maior para os produtos 1 e 10 uma vez que estes são os que foram testados (planeados) com menor TOG. Se o rácio é maior, estes produtos perdem prioridade no lançamento. Isto resulta nas ordens de

reposição para estes produtos a chegarem mais tarde ao FGI e, uma vez que são lançados mais tarde em produção, o cliente tem de esperar mais tempo.

Neste estudo, a procura de cada tipo de produto é idêntica, por isso, não havia razão para usar diferentes valores do TOG para cada produto. Mas o que o estudo pretende mostrar é que se o TOG não for bem fixado para cada produto, o que acontece com alguma frequência na prática industrial, pode conduzir a um comportamento errático da regra sugerida na literatura. Conclui-se assim que a regra é pouco rubusta aos valores fixados para o TOG.

De um modo geral esperava-se uma performance superior da regra LNFP 2, uma vez que esta é regra de sequenciação recomendada pelos autores de DDMRP.

5. Conclusões e Propostas de Trabalho Futuro

Este projeto foi desenvolvido no âmbito do Mestrado de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores – Automação e Sistemas, curso do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O objetivo do trabalho centrou-se em estudar o desempenho de diferentes regras de sequenciação de trabalhos para lançamento num ambiente *Make-to-Stock*, resultante da aplicação do sistema DDMRP em conjunto com o sistema CONWIP. Procurou-se realizar o estudo envolvendo diferentes cenários experimentais de forma a aproximar a possíveis situações de diferentes ambientes industriais.

São assim apresentadas neste capítulo algumas conclusões do trabalho, assim como algumas sugestões ou propostas de trabalho futuro.

5.1. Conclusões finais

Apesar do foco do trabalho estar nas regras de sequenciação, foi muito interessante observar os comportamentos do sistema DDMRP de Planeamento e Controlo da Produção. Relativamente às regras de sequenciação, este trabalho permite dizer que, nas condições observadas, não existe uma regra de sequenciação que seja superior a todas as outras em todos os cenários. Contudo pode-se dizer, que a regra de sequenciação mais simples de implementar, ou seja, o FCFS, apresentou resultados comparáveis com as restantes. No que concerne à regra LNFP, esta apresentou os melhores resultados na maioria das situações, particularmente para valores de TOG menores, i.e., dados por TOY mais 1 unidade. Duas variantes desta regra foram testadas. Uma das variantes leva em consideração o rácio NFP/TOG de cada um dos produtos, tal como sugerido na literatura DDMRP. Contudo, esta variante pode resultar em situações de elevados tempos de espera dos clientes para alguns dos produtos, particularmente nos produtos com menor valor do TOG, pois são os que possuem valores mais próximos do TOY.

No que se refere às configurações do sistema de produção, como observado, podem influenciar o desempenho das regras de sequenciação, e portanto poderão ter impacto na performance do sistema.

5.2. Limitações e Propostas de Trabalho Futuro

No decorrer deste estudo foi sempre um dos principais objetivos utilizar o maior número de ferramentas do ARENA disponíveis de modo a simular fidedignamente os diferentes cenários considerados. Obviamente e, apesar da confiança nos resultados gerados pelo ARENA, esta análise carece de ser testada num ambiente fabril real. Fatores imprevisíveis como o comportamento de operadores, por exemplo, podem impactar os resultados. Existem também mais regras de sequenciação que poderão ser estudadas ou outros cenários a serem testados, como por exemplo, configurações como a linha de produção, que não foram estudadas nesta dissertação.

No que diz respeito a este estudo em específico, um trabalho a ser equacionado no futuro seria o teste de regras de despacho além da FCFS considerada no mesmo. Acredita-se que isto poderá influenciar o comportamento das regras de sequenciação e/ ou potenciar o seu desempenho.

Referências

Aguilar, J., Dos Santos Guillén, R. J., García, R., Gómez, C., Jerez, M., Narváez, M. L. J., & Puerto, E. (2023). A smart DDMRP model using machine learning techniques. *International Journal of Value Chain Management*, *14*(2), 107–142. https://doi.org/10.1504/IJVCM.2023.130973

Azzamouri, A., Baptiste, P., Dessevre, G., & Pellerin, R. (2021). Demand driven material requirements planning (Ddmrp): A systematic review and classification. *Journal of Industrial Engineering and Management*, *14*(3), 439–456. https://doi.org/10.3926/JIEM.3331

Banks, J., Carson II, J., & Nicol, D. M. (2005). *Discrete-Event System Simulation* (W. Fabrycky & J. Mize, Eds.; FOURTH EDITION). PEARSON.

Butturi, M. A., De Rosa, G., Balugani, E., & Gamberini, R. (2021). *32ND DAAAM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT MANUFACTURING AND AUTOMATION UNDERSTANDING THE DEMAND DRIVEN MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING SCOPE OF APPLICATION: A CRITICAL LITERATURE REVIEW*. https://doi.org/10.2507/32nd.daaam.proceedings.067

Cigolini, R., Perona, M., & Portioli, A. (1998). Comparison of Order Review and Release techniques in a dynamic and uncertain job shop environment. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/002075498192210*, *36*(11), 2931–2951. https://doi.org/10.1080/002075498192210

Damand, D., Lahrichi, Y., & Barth, M. (2024). A first optimization approach to parameterize demand-driven MRP in the presence of multiple products and finite capacity. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. https://doi.org/10.1007/S10696-024-09536-Y

Dessevre, G., Lamothe, J., Pellerin, R., Ali, M. Ben, Baptiste, P., & Pomponne, V. (2023). Comparison of pull management policies for a divergent process with DDMRP buffers: an industrial case study. *International Journal of Production Research*, *61*(23), 8022–8042. https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2162997

El Marzougui, M., Messaoudi, N., Dachry, W., & Bensassi, B. (2022). Integration Model for Demand-Driven Material Requirement Planning and Industry 4.0. *SAE International Journal of Materials and Manufacturing*, *16*(1). https://doi.org/10.4271/05-16-01-0001

Fernandes, N., & Carmo-Silva, S. (2022). *Planeamento e Controlo da Produção em Ambientes Dinâmicos: DDMRP*. 35–36. https://ipcb.pt/sites/default/files/upload/cultura/files/ipcb_campus_2022_out_1.pdf

Fernandes, N. O., Thürer, M., & Silva, S. C. (2024). DDMRP relative priority for production execution: an assessment by simulation. *Operations Management Research*. https://doi.org/10.1007/S12063-024-00503-2

Fuzetto, A. (2019). *O que é um ambiente V.U.C.A. e o que isso tem a ver com a Gestão*. https://www.linkedin.com/pulse/o-que-%C3%A9-um-ambiente-vuca-e-isso-tem-ver-com-gest%C3%A3o-aparecido-fuzetto/

Germs, R., & Riezebos, J. (2009). Workload balancing capability of pull systems in MTO production. *International Journal of Production Research*, *48*(8), 2345–2360. https://doi.org/10.1080/00207540902814314

Goldratt, E. M. ., & Cox, Jeff. (2016). *The goal : a process of ongoing improvement* (Third Edition). Routledge.

Gracia, B., Maybach, K., Heuer, D., & Read, C. (2023). *Buffer profile and levels - Supply Chain Management | Dynamics 365 | Microsoft Learn*. https://learn.microsoft.com/en-us/dynamics365/supply-chain/master-planning/planning-optimization/ddmrp-buffer-profile-and-levels

Guedes, N. (2022). *Estudo Comparativo da Metodologia MRP e DDMRP com Base na Simulação*.

Hopp, W., & Spearman, M. (2008). *Factory Physics: Wallace J. Hopp, Mark L. Spearman* (Third Edition). Waveland Press, Inc.

José, F., Laurindo, B., & Aurélio De Mesquita, M. (2000). *MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING: 25 ANOS DE HISTÓRIA-UMA REVISÃO DO PASSADO E PROSPECÇÃO DO FUTURO*. *3*, 320–337.

Kiran, D. R. (2019). Theory of constraints. In *Production Planning and Control* (pp. 399–407). Butterworth-Heinemann. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818364-9.00028-7

Kortabarria, A., Apaolaza, U., Lizarralde, A., & Amorrortu, I. (2018). Material management without forecasting: From MRP to demand driven MRP Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM) Provided in Cooperation with: Standard-Nutzungsbedingungen: Material Management without Forecasting: From MRP to Demand Driven MRP. *Management*, *11*(4), 632–650. https://doi.org/10.3926/jiem.2654

Kuofie, M., & Suman, S. (2021). *Future Opportunities for Using Gamification in Management Education*. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8327-2.CH010:

Leu, B. Y. (2000). Generating a backlog list for a CONWIP production line: A simulation study. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/095372800232144*, *11*(4), 409–418. https://doi.org/10.1080/095372800232144

Lewin, K. (1944). A Research Approach to Leadership Problems. *Journal of Educational Sociology*, *17*(7), 392. https://doi.org/10.2307/2262546

Martin, G., Lauras, M., & Baptiste, P. (2023). Dynamical multi-parameter sizing of DDMRP buffers in finite capacity flow-shops. *Computers & Industrial Engineering*, *175*, 108858. https://doi.org/10.1016/J.CIE.2022.108858

Molenda, P., Mezger, T., Oechsle, O., Koller, J., & Döpper, F. (2020). Backlog-Sequencing: A Comparison between Workload Control and ConWIP using a simulation approach. *Procedia CIRP*, *93*, 664–669. https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2020.04.097

Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. In *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Taylor and Francis. https://doi.org/10.4324/9780429273018/TOYOTA-PRODUCTION-SYSTEM-TAIICHI-OHNO

Park, P. S., & Salegna, G. J. (1995). Load smoothing with feedback in a bottleneck job shop. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/00207549508930228*, *33*(6), 1549–1568. https://doi.org/10.1080/00207549508930228

Ptak, C. A., & Smith, C. (2016). *Demand driven material requirements planning (DDMRP)*. https://books.industrialpress.com/9780831136284/demand-driven-material-requirements-planning-ddmrp-version-2

Ptak, C. A., Smith, C., & Orlicky, Joseph. (2011). *Orlicky's material requirements planning* (Third Edition). McGraw-Hill.

Rose, O. (2003). *Comparison of Due-date Oriented Dispatch Rules in Semiconductor Manufacturing*.

https://www.researchgate.net/publication/2859216_Comparison_of_Due-date_Oriented_Dispatch_Rules_in_Semiconductor_Manufacturing

Ryan, S. M., & Vorasayan, J. (2005). Allocating work in process in a multiple-product CONWIP system with lost sales. *International Journal of Production Research*, *43*(2), 223–246. https://doi.org/10.1080/00207540420002688 75

Seila F., A. (1995). *Introduction to Simulation*.

Shannon, R. E. (1998). Introduction to the art and science of simulation. *Winter Simulation Conference Proceedings*, *1*, 7–14. https://doi.org/10.1109/WSC.1998.744892

Smith, C. (2018). *The DDMRP Innovation Series: Part #4*. https://www.linkedin.com/pulse/ddmrp-innovation-series-part-4-chad-smith/

Spearman, M. L., Woodruff, D. L., & Hopp, W. J. (1990). CONWIP: A pull alternative to kanban. *International Journal of Production Research*, *28*(5), 879–894. https://doi.org/10.1080/00207549008942761

Steen, K., & Christensen, I. (2022). *Study shows that DDMRP outperforms MRP both before and during the COVID-19 pandemic | Deloitte*. https://www2.deloitte.com/dk/da/pages/supply-chain-and-network-operations/DDMRP-a-novel-approach-to-MRP.html

Suri, R. (1998). Quick Response Manufacturing : A Companywide Approach to Reducing Lead Times. In *Quick Response Manufacturing*. Productivity Press. https://doi.org/10.4324/9780367804909

Thürer, M., Fernandes, N. O., & Stevenson, M. (2022). Production planning and control in multi-stage assembly systems: an assessment of Kanban, MRP, OPT (DBR) and DDMRP by simulation. *International Journal of Production Research*, *60*(3), 1036–1050. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1849847

Thürer, M., Fernandes, N. O., Stevenson, M., & Qu, T. (2017). On the backlog-sequencing decision for extending the applicability of ConWIP to high-variety contexts: an assessment by simulation. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/00207543.2017.1281462*, *55*(16), 4695–4711. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1281462

Thürer, M., Fernandes, N. O., Ziengs, N., & Stevenson, M. (2019). On the meaning of ConWIP cards: an assessment by simulation. *Https://Doi.Org/10.1080/21681015.2019.1576784*, *36*(1), 49–58. https://doi.org/10.1080/21681015.2019.1576784

Thürer, M., Land, M. J., Stevenson, M., Fredendall, L. D., & Godinho Filho, M. (2015). Concerning Workload Control and Order Release: The Pre-Shop Pool Sequencing Decision. *Production and Operations Management*, *24*(7), 1179–1192. https://doi.org/10.1111/POMS.12304

Thürer, M., & Stevenson, M. (2018). On the beat of the drum: improving the flow shop performance of the Drum–Buffer–Rope scheduling mechanism. *International Journal of Production Research*, *56*(9), 3294–3305. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1401245

Thürer, M., Stevenson, M., Silva, C., Land, M. J., & Fredendall, L. D. (2012). Workload control and order release: A lean solution for make-to-order companies. *Production and Operations Management*, *21*(5), 939–953. https://doi.org/10.1111/J.1937-5956.2011.01307.X

Twelker, P. A., Crawford, J. J., Hamreus, D. G., & Schalock, H. Del. (1969). *INSTRUCTIONAL SIMULATION A RESEARCH DEVELOPMENT AND DISSEMINATION ACTIVITY Ch Office of Education OFFICE OF EDUCATION THIS DOCUMENT HAS BEEN REPRODUCED EXACTLY AS RECEIVED FROM THE 4e4 PERSON OR ORGANIZATION ORIGINATING IT. POINTS OF VIEW OR OPINIONS 4.1 STATED DO NOT NECESSARILY REPRESENT OFFICIAL OFFICE OF EDUCATION POSITION OR POLICY*.

Vanam, L. (2019, February 17). *S/4HANA Demand Driven MRP (DDMRP) Functionality - SAP Community*. https://community.sap.com/t5/enterprise-resource-planning-blogs-by-members/s-4hana-demand-driven-mrp-ddmrp-functionality/ba-p/13388450

Xu, G., Guan, Z., Yue, L., & Mumtaz, J. (2023). An efficient production planning approach based demand driven MRP under resource constraints. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, *14*(3), 451–466. https://doi.org/10.5267/J.IJIEC.2023.5.003

Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

NOME: João Pedro Fernandes Almeida

ISEP, Porto, 22 de Setembro de 2024

Apêndices

Neste capítulo estarão representados as tabelas e gráficos com todos os resultados que foram obtidos durante a realização deste projeto.

No subcapítulo 1 pode-se encontrar as tabelas, onde SC subentende-se “ShopConfiguration”.

No subcapítulo 2 está apresentado os gráficos realizados no decorrer deste estudo no qual se optou por não colocar nos resultados.

Por fim, no último subcapítulo, uma vista geral do modelo do ARENA utilizado.

1.1 Apêndice A - valores do FCFS – Igual TOG

Cenário	Controls																						Responses				
	ROP (1)	ROP (2)	ROP (3)	ROP (4)	ROP (5)	ROP (6)	ROP (7)	ROP (8)	ROP (9)	ROP (10)	TOG (1)	TOG (2)	TOG (3)	TOG (4)	TOG (5)	TOG (6)	TOG (7)	TOG (8)	TOG (9)	TOG (10)	Limite	SC	FRate	FGI	TTT	STT	CWTime
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	200	A	90,529	56,08	53,108	47,312	28,062
2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	200	A	92,838	64,82	53,108	47,312	27,322
3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	200	A	94,577	73,78	53,108	47,312	26,612
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	200	A	95,88	82,97	53,108	47,312	25,96
5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	200	A	96,833	92,29	53,108	47,312	25,232
6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	200	A	88,612	58,4	76,387	64,326	29,862
7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	200	A	91,249	67,15	76,387	64,326	29,109
8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	200	A	93,282	76,14	76,387	64,326	28,4
9	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	200	A	94,833	85,26	76,387	64,326	27,734
10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200	A	96,006	94,57	76,387	64,326	27,018
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	225	A	91,004	57,26	51,48	48,341	24,563
12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	225	A	93,329	66,23	51,48	48,341	23,609
13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	225	A	95,065	75,42	51,48	48,341	22,631
14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	225	A	96,362	84,81	51,48	48,341	21,703
15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	225	A	97,31	94,33	51,48	48,341	20,759
16	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	225	A	89,087	59,24	75,486	67,108	28,1
17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	225	A	91,715	68,01	75,486	67,108	27,268
18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	225	A	93,727	77	75,486	67,108	26,519
19	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	225	A	95,241	86,12	75,486	67,108	25,806
20	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	225	A	96,367	95,44	75,486	67,108	25,015
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	250	A	91,174	57,43	51,137	49,11	23,613

22	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	250	A	93,512	66,39	51,137	49,11	22,556
23	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	250	A	95,253	75,61	51,137	49,11	21,478
24	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	250	A	96,554	85,03	51,137	49,11	20,532
25	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	250	A	97,494	94,55	51,137	49,11	19,591
26	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	250	A	89,517	60,06	74,173	69,023	25,831
27	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	250	A	92,16	68,89	74,173	69,023	24,85
28	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	250	A	94,174	77,98	74,173	69,023	23,909
29	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	250	A	95,693	87,21	74,173	69,023	23,001
30	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	250	A	96,82	96,67	74,173	69,023	22,115
31	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	275	A	91,234	57,5	51,011	49,656	23,075
32	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	275	A	93,575	66,46	51,011	49,656	21,946
33	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	275	A	95,319	75,65	51,011	49,656	20,783
34	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	275	A	96,624	85,06	51,011	49,656	19,767
35	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	275	A	97,562	94,6	51,011	49,656	18,765
36	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	275	A	89,549	59,84	74,077	70,514	25,323
37	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	275	A	92,183	68,73	74,077	70,514	24,209
38	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	275	A	94,199	77,84	74,077	70,514	23,136
39	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	275	A	95,725	87,11	74,077	70,514	22,086
40	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	275	A	96,867	96,58	74,077	70,514	21,149
41	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10000	A	91,416	57,57	50,474	50,474	21,943
42	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10000	A	93,751	66,53	50,474	50,474	20,641
43	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	10000	A	95,492	75,76	50,474	50,474	19,307
44	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10000	A	96,795	85,23	50,474	50,474	18,107
45	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10000	A	97,733	94,83	50,474	50,474	16,962
46	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10000	A	89,737	59,86	73,46	73,46	24,039
47	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	10000	A	92,385	68,74	73,46	73,46	22,768
48	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	10000	A	94,414	77,86	73,46	73,46	21,556

49	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10000	A	95,951	87,11	73,46	73,46	20,362
50	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10000	A	97,1	96,6	73,46	73,46	19,242
51	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	200	V	91,345	58,08	51,316	45,74	28,382
52	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	200	V	93,421	67	51,316	45,74	27,663
53	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	200	V	94,972	76,14	51,316	45,74	26,988
54	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	200	V	96,129	85,44	51,316	45,74	26,386
55	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	200	V	96,98	94,88	51,316	45,74	25,624
56	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	200	V	88,989	61,16	78,055	61,778	39,09
57	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	200	V	91,266	69,79	78,055	61,778	38,567
58	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	200	V	92,998	78,66	78,055	61,778	37,931
59	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	200	V	94,315	87,73	78,055	61,778	37,214
60	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200	V	95,327	96,97	78,055	61,778	36,491
61	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	225	V	91,742	58,51	49,744	46,704	24,915
62	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	225	V	93,86	67,6	49,744	46,704	24,098
63	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	225	V	95,433	76,89	49,744	46,704	23,271
64	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	225	V	96,605	86,39	49,744	46,704	22,559
65	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	225	V	97,46	96,01	49,744	46,704	21,6
66	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	225	V	90,214	62,74	73,386	64,061	30,963
67	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	225	V	92,462	71,59	73,386	64,061	30,165
68	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	225	V	94,176	80,69	73,386	64,061	29,376
69	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	225	V	95,475	90	73,386	64,061	28,603
70	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	225	V	96,449	99,44	73,386	64,061	27,848
71	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	250	V	92,073	58,69	49,053	47,326	23,318
72	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	250	V	94,202	67,8	49,053	47,326	22,371
73	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	250	V	95,788	77,1	49,053	47,326	21,493
74	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	250	V	96,948	86,62	49,053	47,326	20,71
75	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	250	V	97,779	96,24	49,053	47,326	19,735

76	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	250	V	91,091	63,86	69,881	65,534	25,813
77	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	250	V	93,353	72,86	69,881	65,534	24,975
78	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	250	V	95,062	82,12	69,881	65,534	24,153
79	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	250	V	96,342	91,52	69,881	65,534	23,33
80	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	250	V	97,289	101	69,881	65,534	22,583
81	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	275	V	92,112	59,27	48,945	47,822	22,586
82	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	275	V	94,255	68,41	48,945	47,822	21,548
83	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	275	V	95,846	77,71	48,945	47,822	20,562
84	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	275	V	97,011	87,21	48,945	47,822	19,666
85	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	275	V	97,835	96,83	48,945	47,822	18,525
86	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	275	V	91,133	63,74	69,749	66,885	24,874
87	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	275	V	93,419	72,76	69,749	66,885	23,913
88	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	275	V	95,15	82,01	69,749	66,885	22,975
89	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	275	V	96,438	91,4	69,749	66,885	22,046
90	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	275	V	97,4	101	69,749	66,885	21,213
91	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10000	V	92,194	59,23	48,702	48,702	21,539
92	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10000	V	94,347	68,42	48,702	48,702	20,306
93	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	10000	V	95,949	77,77	48,702	48,702	19,082
94	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10000	V	97,123	87,3	48,702	48,702	17,959
95	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10000	V	97,959	96,96	48,702	48,702	16,631
96	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10000	V	91,141	63,69	69,842	69,842	23,426
97	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	10000	V	93,479	72,74	69,842	69,842	22,267
98	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	10000	V	95,248	82,02	69,842	69,842	21,112
99	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10000	V	96,562	91,49	69,842	69,842	19,929
100	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10000	V	97,533	101,1	69,842	69,842	18,767
101	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	200	O	95,486	66,8	40,769	40,09	17,752
102	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	200	O	96,891	76,29	40,769	40,09	16,71

103	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	200	O	97,866	85,91	40,769	40,09	15,494
104	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	200	O	98,542	95,64	40,769	40,09	14,241
105	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	200	O	99	105,4	40,769	40,09	12,937
106	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	200	O	94,456	70,96	62,003	60,021	19,788
107	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	200	O	96,114	80,37	62,003	60,021	18,757
108	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	200	O	97,294	89,96	62,003	60,021	17,722
109	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	200	O	98,131	99,61	62,003	60,021	16,656
110	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200	O	98,712	109,4	62,003	60,021	15,525
111	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	225	O	95,443	66,72	40,87	40,465	17,688
112	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	225	O	96,862	76,22	40,87	40,465	16,63
113	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	225	O	97,848	85,84	40,87	40,465	15,406
114	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	225	O	98,531	95,58	40,87	40,465	14,136
115	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	225	O	98,997	105,4	40,87	40,465	12,826
116	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	225	O	94,366	70,75	62,284	61,073	19,812
117	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	225	O	96,047	80,17	62,284	61,073	18,742
118	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	225	O	97,25	89,74	62,284	61,073	17,707
119	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	225	O	98,1	99,4	62,284	61,073	16,619
120	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	225	O	98,692	109,2	62,284	61,073	15,466
121	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	250	O	95,419	66,67	40,937	40,711	17,642
122	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	250	O	96,845	76,17	40,937	40,711	16,568
123	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	250	O	97,839	85,8	40,937	40,711	15,345
124	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	250	O	98,531	95,54	40,937	40,711	14,093
125	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	250	O	98,998	105,4	40,937	40,711	12,751
126	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	250	O	94,269	70,57	62,544	61,874	19,822
127	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	250	O	95,974	79,98	62,544	61,874	18,743
128	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	250	O	97,191	89,55	62,544	61,874	17,653
129	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	250	O	98,055	99,21	62,544	61,874	16,537

130	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	250	O	98,663	109	62,544	61,874	15,39
131	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	275	O	95,405	66,65	40,968	40,835	17,623
132	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	275	O	96,838	76,16	40,968	40,835	16,555
133	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	275	O	97,834	85,79	40,968	40,835	15,316
134	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	275	O	98,528	95,52	40,968	40,835	14,049
135	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	275	O	98,998	105,3	40,968	40,835	12,708
136	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	275	O	94,216	70,43	62,688	62,305	19,822
137	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	275	O	95,933	79,84	62,688	62,305	18,732
138	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	275	O	97,169	89,39	62,688	62,305	17,691
139	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	275	O	98,041	99,06	62,688	62,305	16,598
140	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	275	O	98,654	108,8	62,688	62,305	15,481
141	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10000	O	95,389	66,64	41,012	41,012	17,576
142	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10000	O	96,823	76,15	41,012	41,012	16,49
143	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	10000	O	97,824	85,77	41,012	41,012	15,258
144	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10000	O	98,521	95,5	41,012	41,012	13,991
145	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10000	O	98,993	105,3	41,012	41,012	12,653
146	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10000	O	94,164	70,3	62,83	62,83	19,746
147	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	10000	O	95,896	79,7	62,83	62,83	18,64
148	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	10000	O	97,138	89,25	62,83	62,83	17,544
149	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10000	O	98,019	98,89	62,83	62,83	16,398
150	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10000	O	98,643	108,6	62,83	62,83	15,273
																					Average		95,3	81,2	58,55	55,5	21,55

1.2 Apêndice B - valores do HBPR – Igual TOG

Cenário	Controls																						Responses				
	ROP (1)	ROP (2)	ROP (3)	ROP (4)	ROP (5)	ROP (6)	ROP (7)	ROP (8)	ROP (9)	ROP (10)	TOG (1)	TOG (2)	TOG (3)	TOG (4)	TOG (5)	TOG (6)	TOG (7)	TOG (8)	TOG (9)	TOG (10)	Limite	SC	FRate	FGI	TTT	STT	CWTime
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	200	A	88,271	53,64	59,116	48,776	37,995
2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	200	A	90,909	62,34	58,183	48,715	37,357
3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	200	A	92,133	69,82	59,856	49,122	40,212
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	200	A	92,784	79,16	64,353	49,566	46,36
5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	200	A	93,762	86,13	63,701	49,55	45,879
6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	200	A	84,305	51,3	88,649	65,958	47,856
7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	200	A	86,133	57,48	94,559	66,349	58,98
8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	200	A	87,375	65,94	99,272	66,767	67,436
9	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	200	A	88,717	74,04	98,346	66,736	62,254
10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200	A	89,867	81,37	104,77	66,767	77,333
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	225	A	90,319	56,34	53,031	48,935	28,706
12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	225	A	92,571	64,57	53,168	49,028	28,95
13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	225	A	93,844	72,98	55,809	49,365	33,461
14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	225	A	95,309	81,25	54,062	49,18	31,13
15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	225	A	95,862	90,74	55,002	49,495	31,04
16	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	225	A	87,775	56,38	80,103	67,979	37,228
17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	225	A	89,606	64,07	82,284	68,364	39,938
18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	225	A	91,98	74,22	80,987	68,241	39,67
19	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	225	A	92,945	81,44	82,722	68,442	41,575
20	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	225	A	94,132	91,34	82,305	68,443	40,969
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	250	A	90,944	56,95	51,65	49,363	25,452

22	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	250	A	92,988	65,4	52,85	49,61	26,748
23	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	250	A	94,62	74,06	53,234	49,708	27,111
24	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	250	A	95,875	83,31	53,125	49,744	27,175
25	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	250	A	96,781	93,05	53,393	49,731	27,454
26	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	250	A	88,744	57,95	76,686	69,584	30,913
27	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	250	A	90,974	66,72	77,281	69,865	31,095
28	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	250	A	93,259	75,47	77,19	69,691	32,305
29	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	250	A	94,628	84,59	77,834	69,849	33,51
30	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	250	A	95,804	93,69	76,967	69,808	31,853
31	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	275	A	91,112	57,44	51,26	49,812	23,859
32	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	275	A	93,351	66,22	51,541	49,92	23,485
33	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	275	A	95,012	74,83	51,921	50,03	23,202
34	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	275	A	96,261	83,75	52,858	50,026	24,742
35	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	275	A	97,145	93,6	52,683	50,085	23,938
36	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	275	A	89,149	58,93	75,04	70,873	27,405
37	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	275	A	91,834	67,32	74,958	70,886	27,213
38	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	275	A	93,851	76,95	74,986	70,928	27,113
39	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	275	A	95,22	85,76	75,81	70,953	27,972
40	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	275	A	96,422	95,34	75,25	70,964	27,083
41	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10000	A	91,416	57,57	50,474	50,474	21,943
42	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10000	A	93,751	66,53	50,474	50,474	20,641
43	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	10000	A	95,492	75,76	50,474	50,474	19,307
44	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10000	A	96,795	85,23	50,474	50,474	18,107
45	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10000	A	97,733	94,83	50,474	50,474	16,962
46	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10000	A	89,737	59,86	73,46	73,46	24,039
47	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	10000	A	92,385	68,74	73,46	73,46	22,768
48	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	10000	A	94,414	77,86	73,46	73,46	21,556

49	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10000	A	95,951	87,11	73,46	73,46	20,362
50	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10000	A	97,1	96,6	73,46	73,46	19,242
51	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	200	V	88,362	54,55	62,058	47,912	45,569
52	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	200	V	90,411	63,55	62,885	48,034	45,466
53	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	200	V	91,994	70,81	63,227	48,022	48,788
54	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	200	V	93,173	78,7	64,214	48,125	50,672
55	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	200	V	94,816	90,02	60,246	47,705	47,795
56	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	200	V	85,165	55,54	96,036	63,668	69,861
57	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	200	V	86,434	63,93	99,359	63,989	75,897
58	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	200	V	86,687	68,23	111,61	64,72	96,603
59	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	200	V	88,596	74,54	103,55	64,411	82,603
60	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200	V	89,468	82,37	107,02	64,535	90,489
61	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	225	V	90,935	57,61	52,584	47,572	30,506
62	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	225	V	92,633	65,63	53,451	47,767	31,714
63	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	225	V	94,408	75,27	53,74	47,798	33,488
64	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	225	V	95,17	82,27	54,024	48,073	34,359
65	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	225	V	96,501	93,38	53,467	47,636	33,922
66	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	225	V	88,625	60,23	77,249	65,162	38,394
67	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	225	V	91,021	68,28	77,207	65,047	39,395
68	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	225	V	92,782	78	77,196	65,017	38,756
69	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	225	V	93,283	84,48	82,346	65,45	47,395
70	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	225	V	93,642	92,78	85,419	65,723	54,49
71	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	250	V	91,605	58,11	50,248	47,815	25,607
72	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	250	V	93,759	66,95	51,376	47,858	27,74
73	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	250	V	95,153	76,32	51,001	47,945	26,001
74	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	250	V	96,393	86,03	50,811	47,929	26,571
75	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	250	V	96,902	94,52	51,852	48,204	27,494

76	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	250	V	90,284	62,41	73,32	66,18	32,392
77	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	250	V	92,551	71,88	73,011	66,128	32,171
78	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	250	V	94,039	80,49	73,415	66,315	32,792
79	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	250	V	94,878	87,79	77,421	66,666	39,972
80	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	250	V	96,048	98,06	75,028	66,354	35,458
81	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	275	V	91,856	58,42	49,949	48,101	24,253
82	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	275	V	94,03	67,68	49,622	48,089	23,076
83	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	275	V	95,509	76,54	50,255	48,203	23,842
84	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	275	V	96,794	86,47	49,543	48,099	22,681
85	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	275	V	97,463	95,72	50,654	48,262	23,661
86	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	275	V	90,861	63,27	70,571	67,16	26,959
87	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	275	V	93,003	72,17	71,019	67,25	27,261
88	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	275	V	94,377	81,04	72,705	67,595	29,298
89	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	275	V	95,662	89,8	72,573	67,57	29,428
90	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	275	V	96,804	99,93	72,39	67,373	29,995
91	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10000	V	92,194	59,23	48,702	48,702	21,539
92	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10000	V	94,347	68,42	48,702	48,702	20,306
93	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	10000	V	95,949	77,77	48,702	48,702	19,082
94	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10000	V	97,123	87,3	48,702	48,702	17,959
95	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10000	V	97,959	96,96	48,702	48,702	16,631
96	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10000	V	91,141	63,69	69,842	69,842	23,426
97	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	10000	V	93,479	72,74	69,842	69,842	22,267
98	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	10000	V	95,248	82,02	69,842	69,842	21,112
99	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10000	V	96,562	91,49	69,842	69,842	19,929
100	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10000	V	97,533	101,1	69,842	69,842	18,767
101	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	200	O	95,422	66,67	40,961	40,209	18,623
102	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	200	O	96,805	76,06	41,04	40,265	18,182

103	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	200	O	97,741	85,54	41,126	40,31	17,657
104	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	200	O	98,358	95,02	41,225	40,373	17,174
105	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	200	O	98,823	104,7	41,212	40,364	16,458
106	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	200	O	94,172	70,76	62,64	60,371	21,728
107	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	200	O	95,728	80,07	62,801	60,432	21,526
108	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	200	O	96,912	89,47	62,927	60,499	21,704
109	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	200	O	97,696	98,37	63,114	60,535	21,512
110	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200	O	98,264	108,5	63,248	60,608	21,196
111	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	225	O	95,426	66,68	40,935	40,502	18,026
112	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	225	O	96,836	76,15	40,966	40,522	17,205
113	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	225	O	97,794	85,75	41,034	40,571	16,256
114	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	225	O	98,468	95,45	41,065	40,59	15,415
115	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	225	O	98,919	105,1	41,093	40,609	14,478
116	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	225	O	94,297	70,42	62,51	61,201	20,734
117	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	225	O	95,94	79,75	62,599	61,245	20,197
118	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	225	O	97,139	89,21	62,649	61,279	19,879
119	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	225	O	97,973	98,72	62,676	61,278	19,406
120	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	225	O	98,54	108,5	62,748	61,317	19,093
121	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	250	O	95,418	66,67	40,945	40,714	17,721
122	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	250	O	96,838	76,12	40,97	40,732	16,755
123	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	250	O	97,825	85,75	41	40,752	15,672
124	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	250	O	98,506	95,51	41,037	40,782	14,581
125	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	250	O	98,972	105,1	41,054	40,792	13,486
126	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	250	O	94,267	70,6	62,606	61,904	20,157
127	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	250	O	95,948	79,95	62,674	61,949	19,344
128	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	250	O	97,173	89,45	62,703	61,969	18,607
129	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	250	O	98,038	98,91	62,675	61,939	17,889

130	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	250	O	98,632	108,7	62,703	61,962	17,043
131	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	275	O	95,401	66,65	40,976	40,842	17,647
132	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	275	O	96,835	76,15	40,981	40,844	16,606
133	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	275	O	97,83	85,77	40,992	40,853	15,419
134	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	275	O	98,522	95,47	41,015	40,871	14,238
135	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	275	O	98,986	105,3	41,047	40,896	13,044
136	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	275	O	94,223	70,52	62,697	62,306	19,927
137	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	275	O	95,936	79,85	62,716	62,317	18,946
138	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	275	O	97,159	89,41	62,762	62,352	18,058
139	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	275	O	98,043	99,06	62,755	62,341	17,163
140	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	275	O	98,649	108,8	62,766	62,347	16,218
141	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10000	O	95,389	66,64	41,012	41,012	17,576
142	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10000	O	96,823	76,15	41,012	41,012	16,49
143	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	10000	O	97,824	85,77	41,012	41,012	15,258
144	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10000	O	98,521	95,5	41,012	41,012	13,991
145	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10000	O	98,993	105,3	41,012	41,012	12,653
146	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10000	O	94,164	70,3	62,83	62,83	19,746
147	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	10000	O	95,896	79,7	62,83	62,83	18,64
148	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	10000	O	97,138	89,25	62,83	62,83	17,544
149	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10000	O	98,019	98,89	62,83	62,83	16,398
150	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10000	O	98,643	108,6	62,83	62,83	15,273
																					Average		94,38	79,4	61,98	56,11	28,74

1.3 Apêndice C - valores do LNFP – Igual TOG

Cenário	Controls																						Responses				
	ROP (1)	ROP (2)	ROP (3)	ROP (4)	ROP (5)	ROP (6)	ROP (7)	ROP (8)	ROP (9)	ROP (10)	TOG (1)	TOG (2)	TOG (3)	TOG (4)	TOG (5)	TOG (6)	TOG (7)	TOG (8)	TOG (9)	TOG (10)	Limite	SC	FRate	FGI	TTT	STT	CWTime
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	200	A	90,529	56,08	53,108	47,312	28,062
2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	200	A	92,838	64,82	53,108	47,312	27,322
3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	200	A	94,577	73,78	53,108	47,312	26,612
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	200	A	95,88	82,97	53,108	47,312	25,96
5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	200	A	96,833	92,29	53,108	47,312	25,232
6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	200	A	87,427	54,86	86,474	65,57	59,358
7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	200	A	90,161	63,46	86,474	65,57	64,404
8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	200	A	92,219	72,26	86,474	65,57	70,208
9	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	200	A	93,731	81,22	86,474	65,57	76,207
10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200	A	94,843	90,3	86,474	65,57	82,25
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	225	A	91,004	57,26	51,48	48,341	24,563
12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	225	A	93,329	66,23	51,48	48,341	23,609
13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	225	A	95,065	75,42	51,48	48,341	22,631
14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	225	A	96,362	84,81	51,48	48,341	21,703
15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	225	A	97,31	94,33	51,48	48,341	20,759
16	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	225	A	88,524	57,88	79,92	68,002	41,762
17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	225	A	91,284	66,54	79,92	68,002	44,151
18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	225	A	93,366	75,56	79,92	68,002	47,283
19	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	225	A	94,897	84,76	79,92	68,002	50,863
20	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	225	A	96,014	94,03	79,92	68,002	54,891
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	250	A	91,174	57,43	51,137	49,11	23,613

22	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	250	A	93,512	66,39	51,137	49,11	22,556
23	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	250	A	95,253	75,61	51,137	49,11	21,478
24	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	250	A	96,554	85,03	51,137	49,11	20,532
25	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	250	A	97,494	94,55	51,137	49,11	19,591
26	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	250	A	89,121	58,76	76,746	69,665	33,475
27	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	250	A	91,84	67,57	76,746	69,665	34,252
28	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	250	A	93,904	76,59	76,746	69,665	35,511
29	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	250	A	95,444	85,78	76,746	69,665	37,226
30	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	250	A	96,575	95,17	76,746	69,665	39,371
31	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	275	A	91,234	57,5	51,011	49,656	23,075
32	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	275	A	93,575	66,46	51,011	49,656	21,946
33	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	275	A	95,319	75,65	51,011	49,656	20,783
34	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	275	A	96,624	85,06	51,011	49,656	19,767
35	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	275	A	97,562	94,6	51,011	49,656	18,765
36	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	275	A	89,263	59,51	75,483	70,994	28,989
37	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	275	A	91,984	68,37	75,483	70,994	28,766
38	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	275	A	94,073	77,53	75,483	70,994	28,927
39	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	275	A	95,656	86,85	75,483	70,994	29,492
40	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	275	A	96,814	96,34	75,483	70,994	30,373
41	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10000	A	91,416	57,57	50,474	50,474	21,943
42	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10000	A	93,751	66,53	50,474	50,474	20,641
43	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	10000	A	95,492	75,76	50,474	50,474	19,307
44	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10000	A	96,795	85,23	50,474	50,474	18,107
45	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10000	A	97,733	94,83	50,474	50,474	16,962
46	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10000	A	89,737	59,86	73,46	73,46	24,039
47	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	10000	A	92,385	68,74	73,46	73,46	22,768
48	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	10000	A	94,414	77,86	73,46	73,46	21,556

49	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10000	A	95,951	87,11	73,46	73,46	20,362
50	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10000	A	97,1	96,6	73,46	73,46	19,242
51	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	200	V	91,345	58,08	51,316	45,74	28,382
52	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	200	V	93,421	67	51,316	45,74	27,663
53	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	200	V	94,972	76,14	51,316	45,74	26,988
54	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	200	V	96,129	85,44	51,316	45,74	26,386
55	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	200	V	96,98	94,88	51,316	45,74	25,624
56	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	200	V	87,118	57,1	91,88	63,857	79,954
57	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	200	V	89,643	65,5	91,88	63,857	86,966
58	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	200	V	91,562	74,07	91,88	63,857	94,685
59	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	200	V	93,01	82,8	91,88	63,857	102,9
60	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200	V	94,097	91,67	91,88	63,857	111,13
61	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	225	V	91,742	58,51	49,744	46,704	24,915
62	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	225	V	93,86	67,6	49,744	46,704	24,098
63	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	225	V	95,433	76,89	49,744	46,704	23,271
64	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	225	V	96,605	86,39	49,744	46,704	22,559
65	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	225	V	97,46	96,01	49,744	46,704	21,6
66	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	225	V	88,444	59,33	84,095	65,934	57,706
67	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	225	V	90,888	67,97	84,095	65,934	61,369
68	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	225	V	92,759	76,8	84,095	65,934	65,742
69	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	225	V	94,17	85,79	84,095	65,934	70,698
70	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	225	V	95,211	94,93	84,095	65,934	75,811
71	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	250	V	92,073	58,69	49,053	47,326	23,318
72	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	250	V	94,202	67,8	49,053	47,326	22,371
73	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	250	V	95,788	77,1	49,053	47,326	21,493
74	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	250	V	96,948	86,62	49,053	47,326	20,71
75	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	250	V	97,779	96,24	49,053	47,326	19,735

76	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	250	V	90,276	62,41	74,149	66,574	36,648
77	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	250	V	92,645	71,25	74,149	66,574	37,866
78	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	250	V	94,437	80,3	74,149	66,574	39,441
79	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	250	V	95,778	89,52	74,149	66,574	41,578
80	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	250	V	96,759	98,9	74,149	66,574	44,024
81	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	275	V	92,112	59,27	48,945	47,822	22,586
82	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	275	V	94,255	68,41	48,945	47,822	21,548
83	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	275	V	95,846	77,71	48,945	47,822	20,562
84	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	275	V	97,011	87,21	48,945	47,822	19,666
85	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	275	V	97,835	96,83	48,945	47,822	18,525
86	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	275	V	90,49	62,57	72,378	67,598	31,088
87	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	275	V	92,826	71,47	72,378	67,598	31,156
88	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	275	V	94,599	80,59	72,378	67,598	31,434
89	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	275	V	95,933	89,85	72,378	67,598	32,034
90	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	275	V	96,92	99,24	72,378	67,598	32,974
91	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10000	V	92,194	59,23	48,702	48,702	21,539
92	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10000	V	94,347	68,42	48,702	48,702	20,306
93	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	10000	V	95,949	77,77	48,702	48,702	19,082
94	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10000	V	97,123	87,3	48,702	48,702	17,959
95	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10000	V	97,959	96,96	48,702	48,702	16,631
96	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10000	V	91,141	63,69	69,842	69,842	23,426
97	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	10000	V	93,479	72,74	69,842	69,842	22,267
98	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	10000	V	95,248	82,02	69,842	69,842	21,112
99	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10000	V	96,562	91,49	69,842	69,842	19,929
100	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10000	V	97,533	101,1	69,842	69,842	18,767
101	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	200	O	95,486	66,8	40,769	40,09	17,752
102	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	200	O	96,891	76,29	40,769	40,09	16,71

103	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	200	O	97,866	85,91	40,769	40,09	15,494
104	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	200	O	98,542	95,64	40,769	40,09	14,241
105	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	200	O	99	105,4	40,769	40,09	12,937
106	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	200	O	94,465	70,76	62,104	60,053	19,963
107	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	200	O	96,145	80,18	62,104	60,053	19,067
108	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	200	O	97,344	89,75	62,104	60,053	18,292
109	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	200	O	98,186	99,4	62,104	60,053	17,588
110	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200	O	98,759	109,2	62,104	60,053	16,904
111	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	225	O	95,443	66,72	40,87	40,465	17,688
112	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	225	O	96,862	76,22	40,87	40,465	16,63
113	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	225	O	97,848	85,84	40,87	40,465	15,406
114	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	225	O	98,531	95,58	40,87	40,465	14,136
115	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	225	O	98,997	105,4	40,87	40,465	12,826
116	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	225	O	94,369	70,54	62,333	61,083	19,897
117	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	225	O	96,069	79,96	62,333	61,083	18,925
118	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	225	O	97,285	89,5	62,333	61,083	18,034
119	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	225	O	98,141	99,14	62,333	61,083	17,126
120	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	225	O	98,729	108,9	62,333	61,083	16,175
121	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	250	O	95,419	66,67	40,937	40,711	17,642
122	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	250	O	96,845	76,17	40,937	40,711	16,568
123	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	250	O	97,839	85,8	40,937	40,711	15,345
124	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	250	O	98,531	95,54	40,937	40,711	14,093
125	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	250	O	98,998	105,4	40,937	40,711	12,751
126	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	250	O	94,278	70,47	62,544	61,867	19,76
127	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	250	O	95,99	79,9	62,544	61,867	18,686
128	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	250	O	97,219	89,48	62,544	61,867	17,642
129	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	250	O	98,088	99,16	62,544	61,867	16,579

130	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	250	O	98,695	108,9	62,544	61,867	15,507
131	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	275	O	95,405	66,65	40,968	40,835	17,623
132	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	275	O	96,838	76,16	40,968	40,835	16,555
133	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	275	O	97,834	85,79	40,968	40,835	15,316
134	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	275	O	98,528	95,52	40,968	40,835	14,049
135	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	275	O	98,998	105,3	40,968	40,835	12,708
136	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	275	O	94,223	70,41	62,702	62,301	19,872
137	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	275	O	95,944	79,85	62,702	62,301	18,8
138	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	275	O	97,181	89,42	62,702	62,301	17,784
139	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	275	O	98,056	99,13	62,702	62,301	16,73
140	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	275	O	98,672	108,9	62,702	62,301	15,683
141	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10000	O	95,389	66,64	41,012	41,012	17,576
142	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10000	O	96,823	76,15	41,012	41,012	16,49
143	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	10000	O	97,824	85,77	41,012	41,012	15,258
144	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10000	O	98,521	95,5	41,012	41,012	13,991
145	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10000	O	98,993	105,3	41,012	41,012	12,653
146	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10000	O	94,164	70,3	62,83	62,83	19,746
147	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	10000	O	95,896	79,7	62,83	62,83	18,64
148	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	10000	O	97,138	89,25	62,83	62,83	17,544
149	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10000	O	98,019	98,89	62,83	62,83	16,398
150	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10000	O	98,643	108,6	62,83	62,83	15,273
																					Average		95,1	80,6	60,22	55,8	28,26

1.4 Apêndice D - valores do FCFS – TOG Diferente

Cenário	Controls																						Responses				
	ROP (1)	ROP (2)	ROP (3)	ROP (4)	ROP (5)	ROP (6)	ROP (7)	ROP (8)	ROP (9)	ROP (10)	TOG (1)	TOG (2)	TOG (3)	TOG (4)	TOG (5)	TOG (6)	TOG (7)	TOG (8)	TOG (9)	TOG (10)	Limite	SC	FRate	FGI	TTT	STT	CWTime
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	A	90,769	60,11	60,127	52,489	29,23
2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	A	92,99	69,09	60,127	52,489	28,521
3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	A	94,65	78,29	60,127	52,489	27,833
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	A	95,891	87,61	60,127	52,489	27,173
5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	A	96,801	97,05	60,127	52,489	26,507
6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	A	87,834	59,96	85,619	68,914	32,814
7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	A	90,547	68,52	85,619	68,914	32,105
8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	A	92,655	77,34	85,619	68,914	31,428
9	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	A	94,28	86,35	85,619	68,914	30,786
10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	A	95,523	95,54	85,619	68,914	30,113
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	A	91,735	61,09	56,739	56,739	22,204
12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	A	93,974	70,1	56,739	56,739	20,925
13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	A	95,635	79,37	56,739	56,739	19,628
14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	A	96,87	88,81	56,739	56,739	18,34
15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	A	97,779	98,41	56,739	56,739	17,197
16	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	A	89,099	62,03	81,486	81,486	25,375
17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	A	91,825	70,87	81,486	81,486	24,093
18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	A	93,936	79,99	81,486	81,486	22,84
19	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	A	95,539	89,29	81,486	81,486	21,617
20	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	A	96,752	98,76	81,486	81,486	20,393
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	V	91,351	61,88	57,895	51,094	28,93
22	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	V	93,38	70,99	57,895	51,094	28,354
23	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	V	94,895	80,28	57,895	51,094	27,819
24	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	V	96,018	89,68	57,895	51,094	27,25
25	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	V	96,862	99,22	57,895	51,094	26,68
26	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	V	88,32	64,08	87,537	66,298	41,691
27	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	V	90,651	72,63	87,537	66,298	41,169

28	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	V	92,444	81,4	87,537	66,298	40,702
29	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	V	93,837	90,29	87,537	66,298	40,278
30	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	V	94,902	99,32	87,537	66,298	39,742
31	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	V	92,348	62,98	55,348	55,348	21,921
32	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	V	94,449	72,19	55,348	55,348	20,752
33	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	V	95,996	81,56	55,348	55,348	19,567
34	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	V	97,134	91,08	55,348	55,348	18,405
35	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	V	97,953	100,8	55,348	55,348	17,158
36	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	V	90,448	66,61	77,782	77,782	24,428
37	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	V	92,901	75,74	77,782	77,782	23,258
38	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	V	94,776	85,08	77,782	77,782	22,121
39	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	V	96,184	94,56	77,782	77,782	20,976
40	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	V	97,226	104,1	77,782	77,782	19,756
41	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	O	95,543	71,11	47,159	46,232	18,297
42	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	O	96,913	80,57	47,159	46,232	17,261
43	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	O	97,873	90,2	47,159	46,232	16,206
44	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	O	98,543	99,94	47,159	46,232	15,068
45	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	O	99,003	109,8	47,159	46,232	14,065
46	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	O	93,824	72,62	69,75	66,871	20,69
47	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	O	95,626	81,97	69,75	66,871	19,662
48	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	O	96,936	91,54	69,75	66,871	18,633
49	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	O	97,868	101,2	69,75	66,871	17,571
50	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	O	98,525	111	69,75	66,871	16,539
51	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	O	95,428	70,81	47,519	47,519	18,107
52	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	O	96,835	80,27	47,519	47,519	17,019
53	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	O	97,828	89,91	47,519	47,519	15,973
54	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	O	98,516	99,63	47,519	47,519	14,798
55	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	O	98,989	109,5	47,519	47,519	13,7
56	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	O	93,382	71,12	71,026	71,026	20,839
57	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	O	95,291	80,47	71,026	71,026	19,741
58	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	O	96,684	90,03	71,026	71,026	18,667
59	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	O	97,685	99,69	71,026	71,026	17,519
60	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	O	98,393	109,4	71,026	71,026	16,409
																					Average		94,95	83,9	66,5	61,82	23,45

1.5 Apêndice E - valores do HBPR – TOG Diferente

Cenário	Controls																						Responses				
	ROP (1)	ROP (2)	ROP (3)	ROP (4)	ROP (5)	ROP (6)	ROP (7)	ROP (8)	ROP (9)	ROP (10)	TOG (1)	TOG (2)	TOG (3)	TOG (4)	TOG (5)	TOG (6)	TOG (7)	TOG (8)	TOG (9)	TOG (10)	Limite	SC	FRate	FGI	TTT	STT	CWTime
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	A	88,477	57,07	69,539	53,937	45,494
2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	A	91,124	66,04	65,509	53,77	39,942
3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	A	92,887	74,43	65,255	53,676	40,685
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	A	93,363	81,43	68,36	54,078	46,259
5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	A	94,015	91,02	68,963	54,202	45,782
6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	A	82,223	51,22	107,66	70,825	63,872
7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	A	84,713	60,59	109,76	71,019	67,026
8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	A	87,258	68,24	108,6	70,908	71,218
9	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	A	87,731	72,8	112,13	71,211	73,271
10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	A	88,845	80,04	112,15	71,387	73,202
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	A	91,735	61,09	56,739	56,739	22,204
12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	A	93,974	70,1	56,739	56,739	20,925
13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	A	95,635	79,37	56,739	56,739	19,628
14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	A	96,87	88,81	56,739	56,739	18,34
15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	A	97,779	98,41	56,739	56,739	17,197
16	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	A	89,099	62,03	81,486	81,486	25,375
17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	A	91,825	70,87	81,486	81,486	24,093
18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	A	93,936	79,99	81,486	81,486	22,84
19	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	A	95,539	89,29	81,486	81,486	21,617
20	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	A	96,752	98,76	81,486	81,486	20,393
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	V	88,413	57,1	68,959	52,991	46,574
22	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	V	90,808	66,66	69,298	52,805	47,944
23	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	V	91,691	73,45	73,547	53,11	56,413
24	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	V	92,723	81,99	76,416	53,256	61,729
25	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	V	93,909	91,71	72,201	53,165	56,143
26	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	V	82,271	55,69	113,97	68,552	83,13
27	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	V	84,948	62,37	114	68,488	87,25
28	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	V	85,898	69,74	124,03	68,838	106,39

29	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	V	86,413	74,08	128,04	69,067	112,61
30	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	V	88,466	84,22	123,57	68,817	106,37
31	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	V	92,348	62,98	55,348	55,348	21,921
32	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	V	94,449	72,19	55,348	55,348	20,752
33	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	V	95,996	81,56	55,348	55,348	19,567
34	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	V	97,134	91,08	55,348	55,348	18,405
35	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	V	97,953	100,8	55,348	55,348	17,158
36	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	V	90,448	66,61	77,782	77,782	24,428
37	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	V	92,901	75,74	77,782	77,782	23,258
38	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	V	94,776	85,08	77,782	77,782	22,121
39	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	V	96,184	94,56	77,782	77,782	20,976
40	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	V	97,226	104,1	77,782	77,782	19,756
41	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	O	95,483	70,8	47,37	46,352	19,423
42	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	O	96,814	80,27	47,487	46,429	19,111
43	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	O	97,719	89,84	47,571	46,478	18,745
44	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	O	98,341	99,61	47,676	46,544	18,434
45	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	O	98,803	109,4	47,655	46,533	17,969
46	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	O	93,429	72	70,651	67,223	23,067
47	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	O	95,183	81,54	70,884	67,328	23,032
48	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	O	96,404	90,56	71,055	67,384	22,764
49	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	O	97,374	100	71,008	67,388	22,795
50	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	O	97,901	109,4	71,497	67,543	23,151
51	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	O	95,428	70,81	47,519	47,519	18,107
52	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	O	96,835	80,27	47,519	47,519	17,019
53	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	O	97,828	89,91	47,519	47,519	15,973
54	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	O	98,516	99,63	47,519	47,519	14,798
55	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	O	98,989	109,5	47,519	47,519	13,7
56	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	O	93,382	71,12	71,026	71,026	20,839
57	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	O	95,291	80,47	71,026	71,026	19,741
58	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	O	96,684	90,03	71,026	71,026	18,667
59	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	O	97,685	99,69	71,026	71,026	17,519
60	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	O	98,393	109,4	71,026	71,026	16,409
																					Average		93,42	81	73,24	62,55	35,56

1.6 Apêndice F - valores do LNFP – TOG Diferente

Cenário	Controls																						Responses				
	ROP (1)	ROP (2)	ROP (3)	ROP (4)	ROP (5)	ROP (6)	ROP (7)	ROP (8)	ROP (9)	ROP (10)	TOG (1)	TOG (2)	TOG (3)	TOG (4)	TOG (5)	TOG (6)	TOG (7)	TOG (8)	TOG (9)	TOG (10)	Limite	SC	FRate	FGI	TTT	STT	CWTime
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	A	92,132	61,25	58,332	52,25	35,428
2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	A	94,265	70,44	58,332	52,25	38,363
3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	A	95,758	79,79	58,332	52,25	41,771
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	A	96,781	89,31	58,332	52,25	45,099
5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	A	97,485	98,93	58,332	52,25	48,002
6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	A	88,319	59,79	88,094	69,18	44,592
7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	A	91,006	68,57	88,094	69,18	47,061
8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	A	93,027	77,52	88,094	69,18	50,026
9	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	A	94,518	86,61	88,094	69,18	53,235
10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	A	95,614	95,86	88,094	69,18	56,469
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	A	91,735	61,09	56,739	56,739	22,204
12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	A	93,974	70,1	56,739	56,739	20,925
13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	A	95,635	79,37	56,739	56,739	19,628
14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	A	96,87	88,81	56,739	56,739	18,34
15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	A	97,779	98,41	56,739	56,739	17,197
16	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	A	89,099	62,03	81,486	81,486	25,375
17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	A	91,825	70,87	81,486	81,486	24,093
18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	A	93,936	79,99	81,486	81,486	22,84
19	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	A	95,539	89,29	81,486	81,486	21,617
20	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	A	96,752	98,76	81,486	81,486	20,393
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	V	92,769	63,43	56,439	50,763	35,468
22	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	V	94,717	72,71	56,439	50,763	38,283
23	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	V	96,1	82,09	56,439	50,763	41,695
24	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	V	97,043	91,56	56,439	50,763	45,047
25	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	V	97,684	101,2	56,439	50,763	47,819
26	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	V	88,759	63,99	88,844	66,706	55,649
27	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	V	91,109	72,71	88,844	66,706	58,872
28	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	V	92,879	81,67	88,844	66,706	62,47

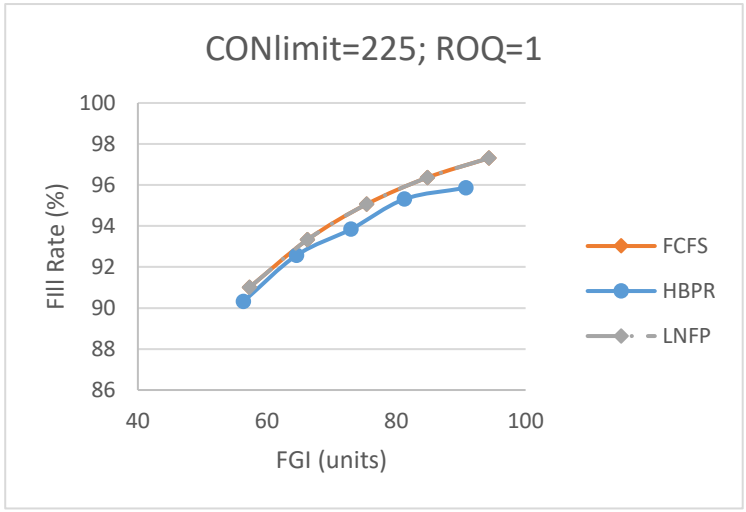
29	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	V	94,195	90,78	88,844	66,706	66,262
30	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	V	95,174	100	88,844	66,706	70,065
31	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	V	92,348	62,98	55,348	55,348	21,921
32	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	V	94,449	72,19	55,348	55,348	20,752
33	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	V	95,996	81,56	55,348	55,348	19,567
34	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	V	97,134	91,08	55,348	55,348	18,405
35	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	V	97,953	100,8	55,348	55,348	17,158
36	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	V	90,448	66,61	77,782	77,782	24,428
37	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	V	92,901	75,74	77,782	77,782	23,258
38	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	V	94,776	85,08	77,782	77,782	22,121
39	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	V	96,184	94,56	77,782	77,782	20,976
40	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	V	97,226	104,1	77,782	77,782	19,756
41	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	O	95,641	71,11	47,233	46,256	19,583
42	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	O	97,027	80,62	47,233	46,256	19,23
43	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	O	97,978	90,27	47,233	46,256	18,96
44	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	O	98,625	100	47,233	46,256	18,674
45	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	O	99,054	109,8	47,233	46,256	18,486
46	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	O	93,988	72,19	69,73	66,856	20,462
47	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	O	95,805	81,55	69,73	66,856	19,596
48	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	O	97,111	91,08	69,73	66,856	18,837
49	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	O	98,022	100,7	69,73	66,856	18,057
50	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	O	98,65	110,5	69,73	66,856	17,429
51	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	O	95,428	70,81	47,519	47,519	18,107
52	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	O	96,835	80,27	47,519	47,519	17,019
53	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	O	97,828	89,91	47,519	47,519	15,973
54	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	O	98,516	99,63	47,519	47,519	14,798
55	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	O	98,989	109,5	47,519	47,519	13,7
56	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	O	93,382	71,12	71,026	71,026	20,839
57	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	O	95,291	80,47	71,026	71,026	19,741
58	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	O	96,684	90,03	71,026	71,026	18,667
59	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	O	97,685	99,69	71,026	71,026	17,519
60	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	O	98,393	109,4	71,026	71,026	16,409
																					Average		95,21	84,2	66,55	61,83	29,41

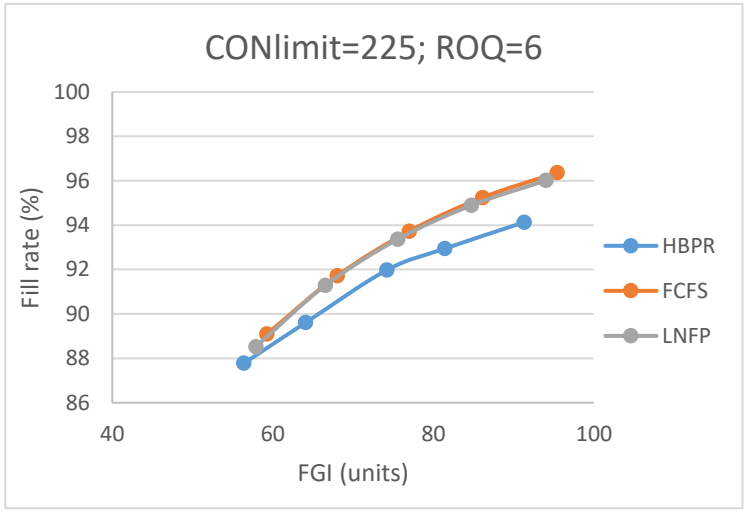
1.7 Apêndice G - valores do LNFP2 – TOG Diferente

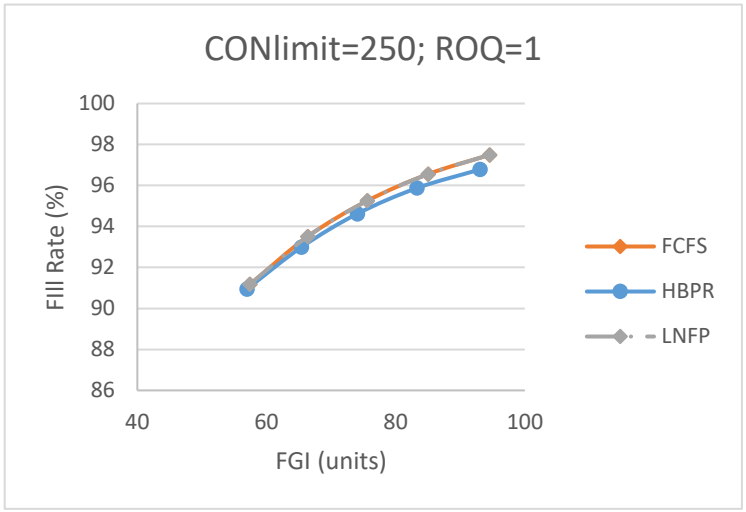
Cenário	Controls																						Responses				
	ROP (1)	ROP (2)	ROP (3)	ROP (4)	ROP (5)	ROP (6)	ROP (7)	ROP (8)	ROP (9)	ROP (10)	TOG (1)	TOG (2)	TOG (3)	TOG (4)	TOG (5)	TOG (6)	TOG (7)	TOG (8)	TOG (9)	TOG (10)	Limite	SC	FRate	FGI	TTT	STT	CWTime
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	A	92,164	63,73	78,388	56,419	136,24
2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	A	93,789	72,74	78,388	56,419	158,94
3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	A	94,881	81,87	78,388	56,419	180,61
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	A	95,612	91,15	78,388	56,419	199,34
5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	A	87,128	56,32	99,403	70,283	78,564
6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	A	90,01	64,74	99,303	70,277	89,562
7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	A	92,223	73,35	99,003	70,259	100,77
8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	A	93,802	82,38	99,003	70,259	113,92
9	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	A	94,793	91,2	99,726	70,289	127,16
10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	A	91,735	61,09	56,739	56,739	22,204
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	A	93,974	70,1	56,739	56,739	20,925
12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	A	95,635	79,37	56,739	56,739	19,628
13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	A	96,87	88,81	56,739	56,739	18,34
14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	A	97,779	98,41	56,739	56,739	17,197
15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	A	89,099	62,03	81,486	81,486	25,375
16	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	A	91,825	70,87	81,486	81,486	24,093
17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	A	93,936	79,99	81,486	81,486	22,84
18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	A	95,539	89,29	81,486	81,486	21,617
19	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	A	96,752	98,76	81,486	81,486	20,393
20	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	A	88,077	53,52	94,005	57,825	161,62
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	V	90,59	61,9	94,005	57,825	190,87
22	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	V	92,43	70,57	94,005	57,825	224,03
23	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	V	93,707	79,38	94,005	57,825	256,89
24	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	V	94,581	88,38	94,005	57,825	286,23
25	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	V	86,616	57,73	106,45	68,668	108,51
26	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	V	89,094	65,24	109,6	68,797	130,43
27	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	V	91,2	74,33	109,39	68,764	147,72
28	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	V	92,737	83,08	109,39	68,764	165,87

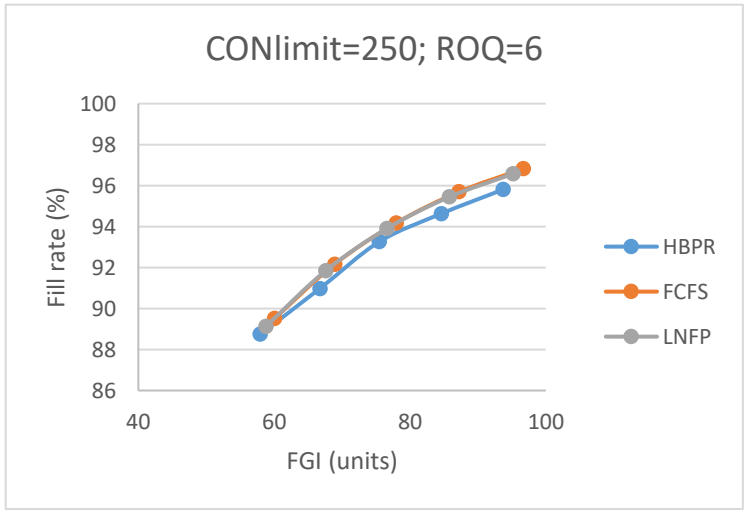
29	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	V	93,778	92,08	110,34	68,858	186,57
30	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	V	92,348	62,98	55,348	55,348	21,921
31	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	V	94,449	72,19	55,348	55,348	20,752
32	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	V	95,996	81,56	55,348	55,348	19,567
33	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	V	97,134	91,08	55,348	55,348	18,405
34	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	V	97,953	100,8	55,348	55,348	17,158
35	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	V	90,448	66,61	77,782	77,782	24,428
36	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	V	92,901	75,74	77,782	77,782	23,258
37	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	V	94,776	85,08	77,782	77,782	22,121
38	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	V	96,184	94,56	77,782	77,782	20,976
39	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	V	97,226	104,1	77,782	77,782	19,756
40	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	V	95,209	70,54	49,739	47,085	31,425
41	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	200	O	96,631	79,99	49,739	47,085	34,369
42	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	200	O	97,616	89,6	49,739	47,085	38,35
43	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	200	O	98,286	99,28	49,739	47,085	43,344
44	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	200	O	98,735	109	49,739	47,085	49,277
45	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	200	O	93,813	72,06	70,162	66,969	20,999
46	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	200	O	95,691	81,5	70,035	66,927	20,199
47	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	200	O	97,017	91,07	70,039	66,933	19,61
48	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	200	O	97,95	100,7	70,039	66,933	19,053
49	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	200	O	98,601	110,3	69,98	66,926	18,542
50	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	200	O	95,428	70,81	47,519	47,519	18,107
51	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	10000	O	96,835	80,27	47,519	47,519	17,019
52	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	10000	O	97,828	89,91	47,519	47,519	15,973
53	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	14	15	16	17	17	16	15	14	13	10000	O	98,516	99,63	47,519	47,519	14,798
54	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18	18	17	16	15	14	10000	O	98,989	109,5	47,519	47,519	13,7
55	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	18	17	16	15	10000	O	93,382	71,12	71,026	71,026	20,839
56	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	17	18	19	20	20	19	18	17	16	10000	O	95,291	80,47	71,026	71,026	19,741
57	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	17	18	19	20	21	21	20	19	18	17	10000	O	96,684	90,03	71,026	71,026	18,667
58	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	19	20	21	22	22	21	20	19	18	10000	O	97,685	99,69	71,026	71,026	17,519
59	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	20	21	22	23	23	22	21	20	19	10000	O	98,393	109,4	71,026	71,026	16,409
60	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	21	22	23	24	24	23	22	21	20	10000	O	94,469	81,62	74,2	63,101	67,462
																				Average			95,21	84,2	66,55	61,83	29,41

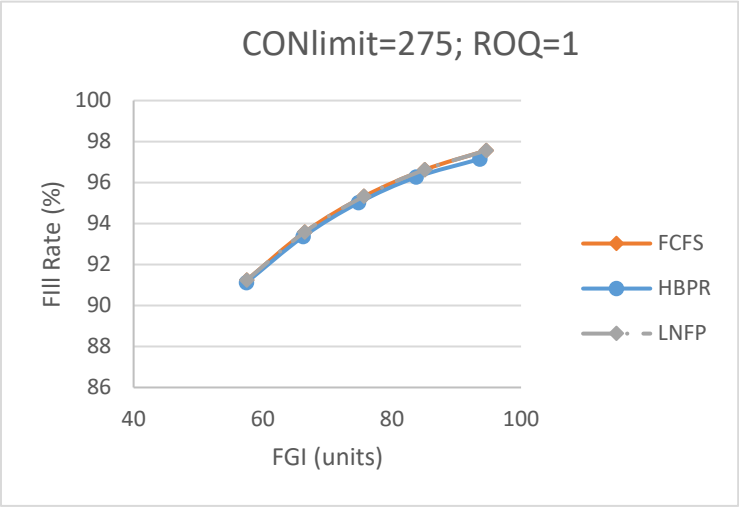
2.1 Apêndice I - Gráficos configuração Tipo A.

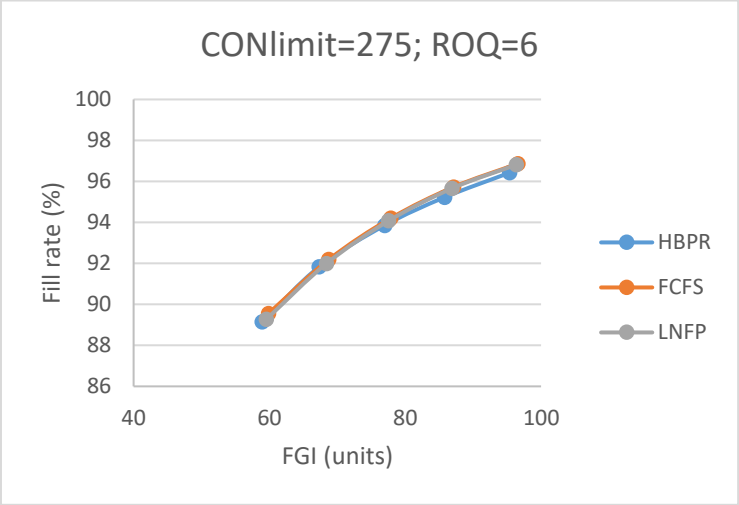




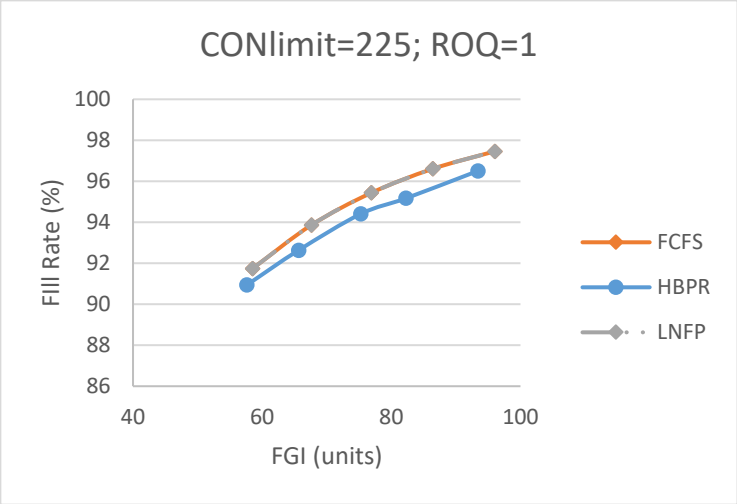


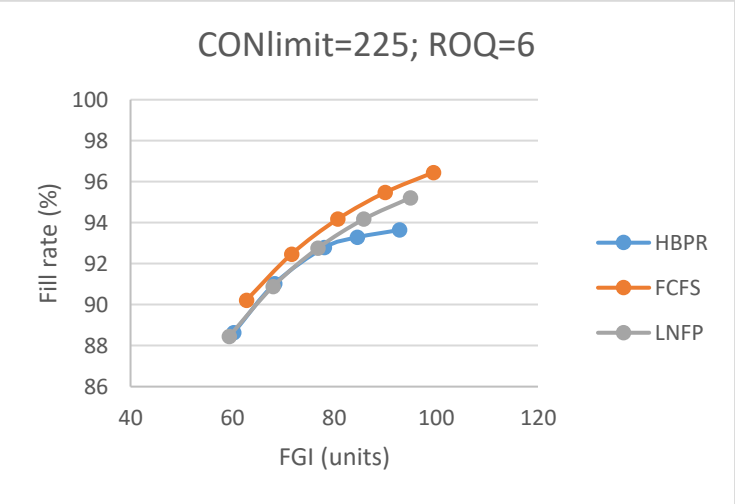


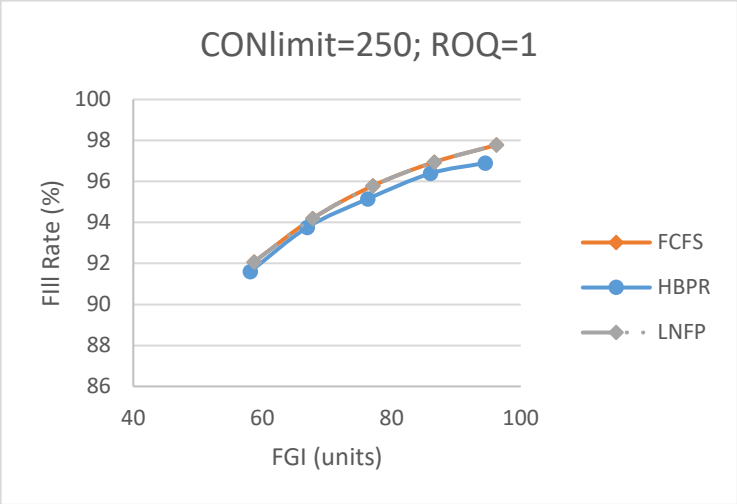

CONlimit=275; ROQ=1
Fill Rate (%)
100
98
96
94
92
90
88
86
40
60
80
100
FGI (units)
FCFS
HBPR
LNFP

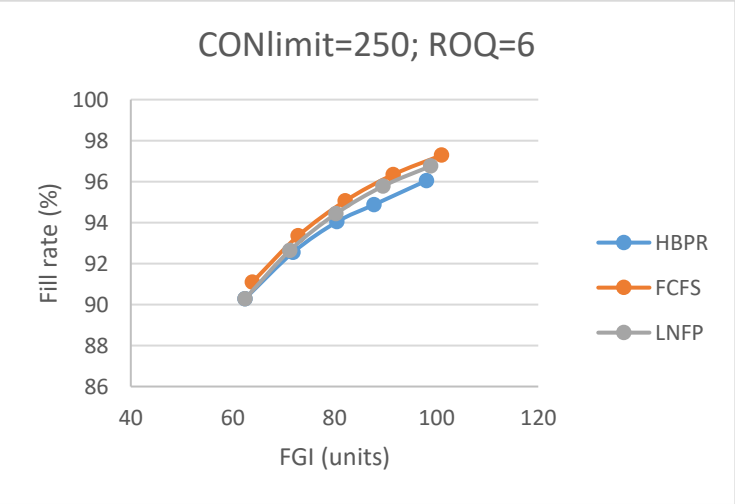

CONlimit=275; ROQ=6
Fill rate (%)
100
98
96
94
92
90
88
86
40
60
80
100
FGI (units)
HBPR
FCFS
LNFP

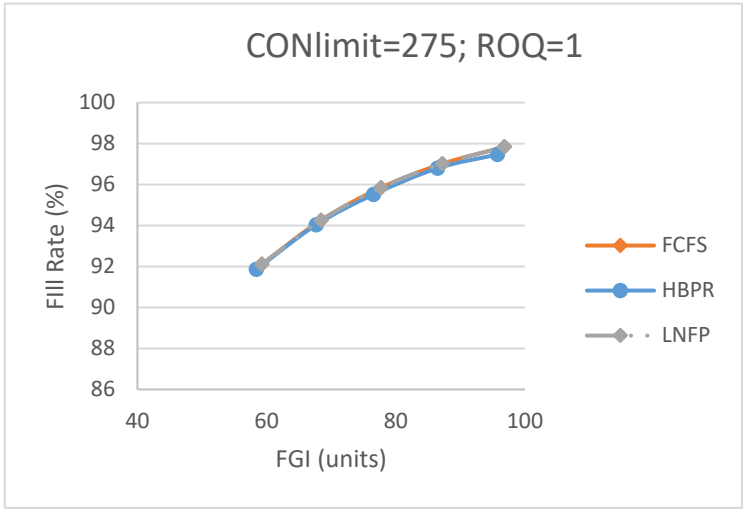
2.2 Apêndice J - Gráficos configuração Tipo V

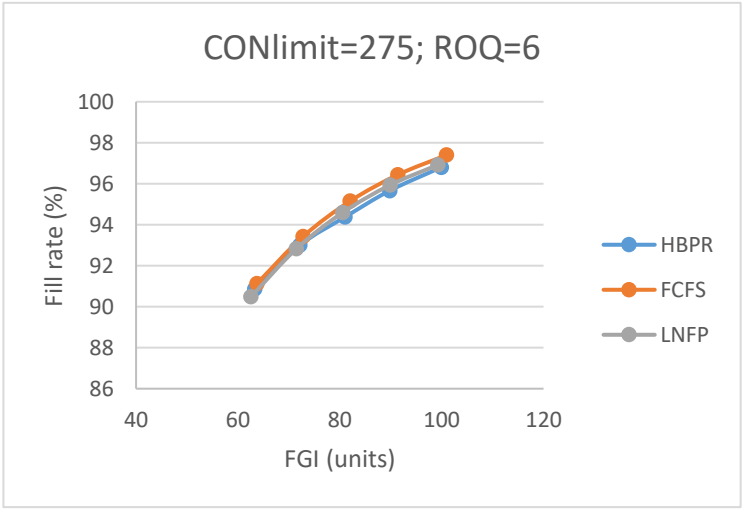




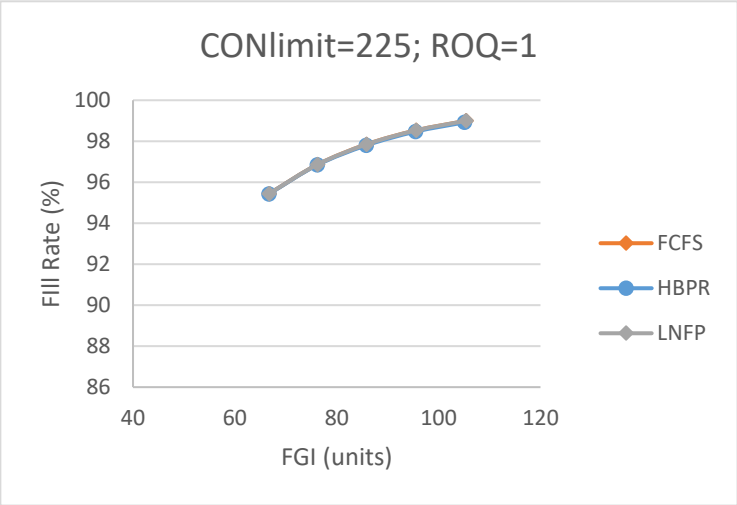


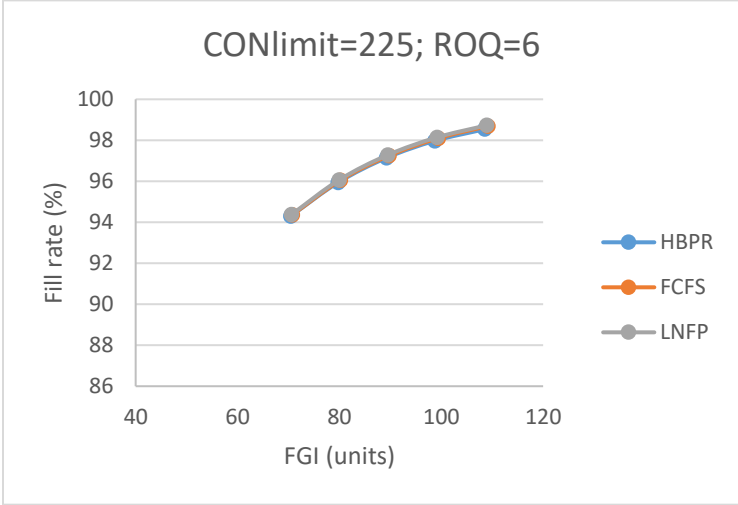


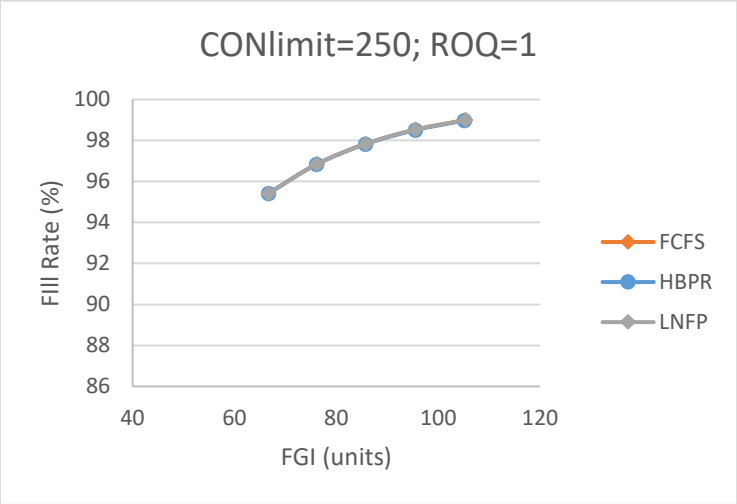

CONlimit=275; ROQ=1
Fill Rate (%)
100
98
96
94
92
90
88
86
40
60
80
100
FGI (units)
FCFS
HBPR
LNFP

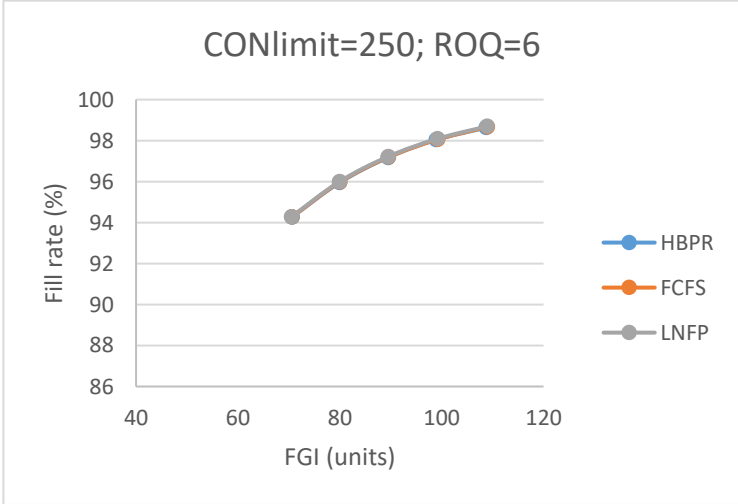

CONlimit=275; ROQ=6
Fill rate (%)
100
98
96
94
92
90
88
86
40
60
80
100
120
FGI (units)
HBPR
FCFS
LNFP

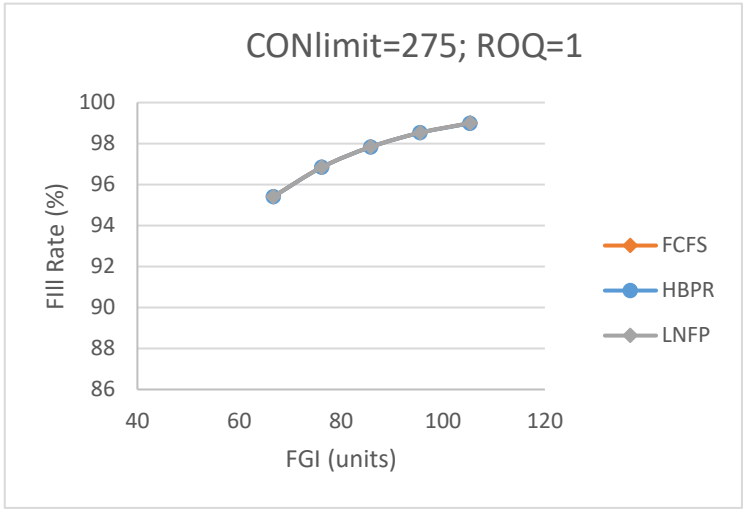
2.3 Apêndice K - Gráficos configuração Tipo O

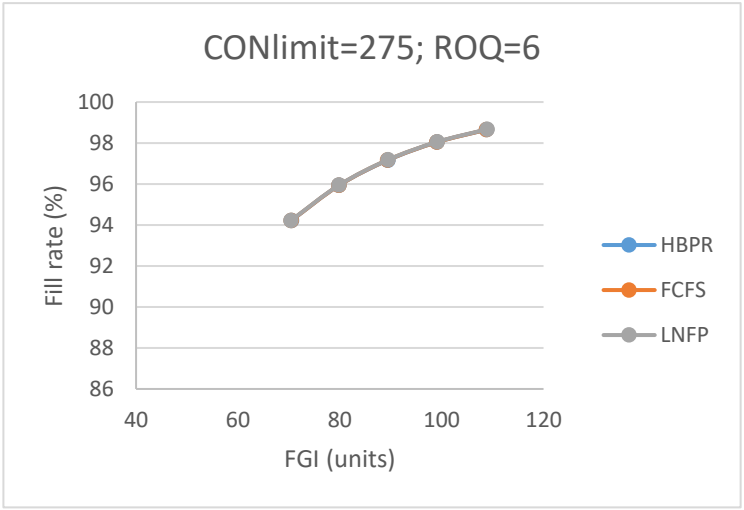




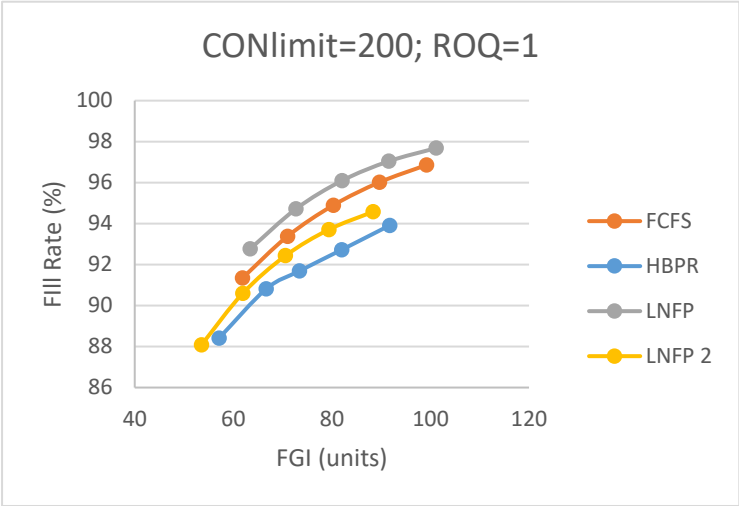


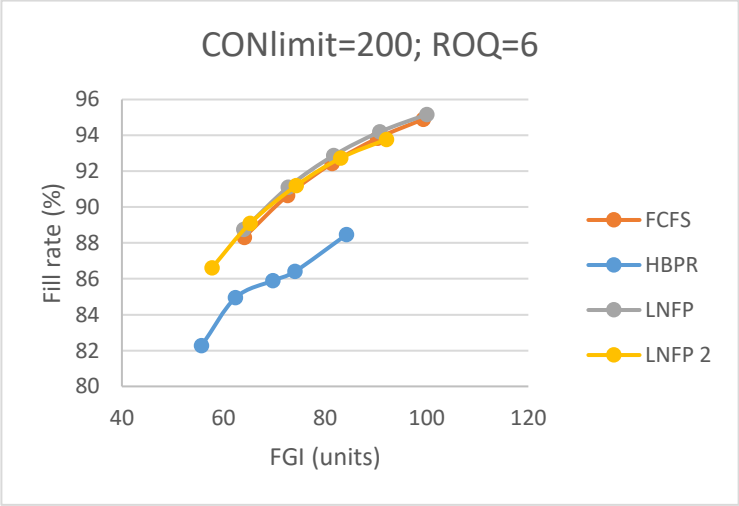



CONlimit=275; ROQ=1
Fill Rate (%)
100
98
96
94
92
90
88
86
40
60
80
100
120
FGI (units)
FCFS
HBPR
LNFP

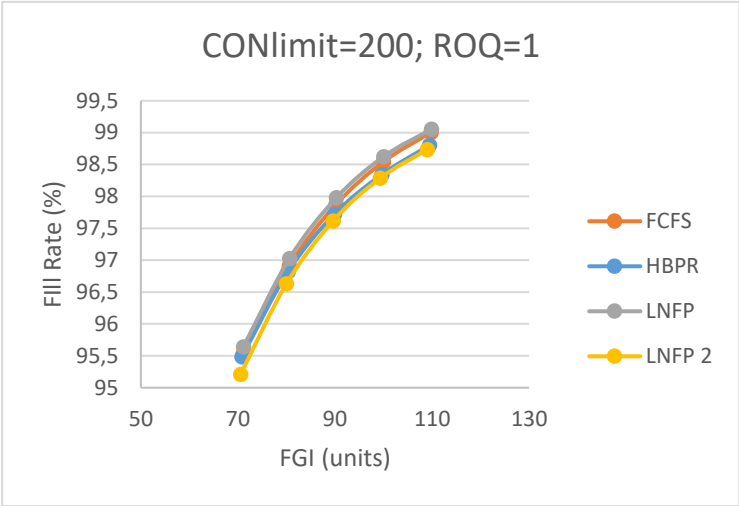

CONlimit=275; ROQ=6
Fill rate (%)
100
98
96
94
92
90
88
86
40
60
80
100
120
FGI (units)
HBPR
FCFS
LNFP

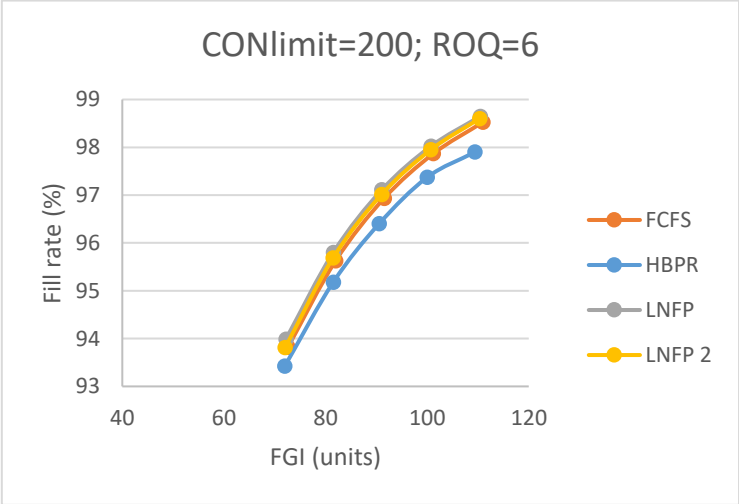
2.4 Apêndice L - Gráficos configuração Tipo V – análise de sensibilidade





2.5 Apêndice M - Gráficos configuração Tipo O – análise de sensibilidade





3. Apêndice N – Vista geral do sistema