

Adaptação da regra Apparent Tardiness Cost (ATC) com vistas à roteirização em um setor de distribuição

Fabício Alex Hister Lorenz – UFRGS – fabriciolorenz@hotmail.com

Michel Anzanello – UFRGS – michel.anzanello@gmail.br

Resumo

O processo de distribuição de produtos aos pontos de venda se torna cada vez mais complexo à medida que o número de clientes aumenta, e o uso de uma ferramenta que auxilie nessa gestão se torna indispensável para a busca da excelência. A regra de despacho ATC (Apparent Tardiness Cost) se encaixa perfeitamente nesse tipo de demanda, pois além de otimizar o tempo do sequenciamento das tarefas, entendidas aqui como os pontos de venda, ainda leva em consideração variáveis subjetivas específicas da empresa, como o valor da marca do pdv (pontos de venda), sua relação com os seus clientes, entre outras. O que será proposta é a adaptação da regra ATC para a realidade da empresa estudada neste artigo, com a inclusão de um novo parâmetro justificado pelo horário restrito e específico de recebimento de mercadorias de cada cliente. A programação dos pdv se alinha com os objetivos estratégicos da empresa, uma vez que a possível economia monetária gerada pela otimização do sequenciamento se torne investimentos em marketing para gerar valor a marca – maior preocupação dos sócios no atual momento. O resultado gerado pela heurística proposta foi considerado congruente pelo especialista do processo de distribuição da empresa em estudo.

Palavras-chave: regra de despacho ATC, otimizar tempo de sequenciamento, novo parâmetro.

Abstract

The process of distributing products to points of sale becomes increasingly complex as the number of customers increases, and the use of a tool that helps in this management becomes indispensable for the pursuit of excellence. The ATC (Apparent

Tardiness Cost) dispatch rule fits perfectly in this type of demand, since besides optimizing the time of the sequencing of the tasks, understood here as the points of sale, still takes into account subjective variables specific to the company, such as the value of the pos (points of sale) brand, its relationship with its clients, among others. What will be proposed is the adaptation of the ATC rule to the reality of the company studied in this article, with the inclusion of a new parameter justified by the restricted and specific time of receipt of each client's goods. The programming of the pos align with the strategic objectives of the company, since the possible monetary savings generated by the optimization of the sequencing becomes investments in marketing to generate value to the brand - greater concern of the partners in the current moment. The result generated by the proposed heuristic was considered congruent by the specialist of the distribution process of the company under study.

Keywords: ATC dispatch rule optimizing, the time of the sequencing, new parameter.

1. Introdução

Diversas ferramentas da Engenharia de produção buscam eliminar desperdícios através da redução dos tempos de ciclo de atividades que não agregam valor e da redução de custos Alukal (2003). Para empresas que apresentam a distribuição física como uma das atividades principais, atuar na redução dos custos associados ao transporte se mostra ainda mais importante, tendo-se em vista a fatia que esse custo pode apresentar para a organização. Kearney (1989) mostra que os custos de distribuição agregam cerca de 16% ao valor final de cada item.

Segundo Ballou (1993), os custos logísticos de produtos tangíveis representam cerca de 23% do Produto Interno Bruto (PIB) nos Estados Unidos, sendo que o custo de transporte gira em torno de dois terços, o que equivale atualmente a U\$12 trilhões (Sua pesquisa, 2016). O autor afirma ainda que este percentual se tem mantido constante ao longo do tempo.

Focadas em atender seus clientes com agilidade, flexibilidade e pontualidade, mas com economias em custos que garantam a continuidade dos seus negócios, as empresas procuram implantar e adotar formas de minimizar gastos com a distribuição. Segundo

Ichimura (1997), em um ambiente de inovações tecnológicas constantes, com diversidade de demanda e intensificação da competitividade, torna-se necessário diminuir os lotes de peças e adotar um sistema estruturado de sequenciamento da produção, de modo a ordená-la conforme a demanda em quantidades limitadas e, com menor lead time.

Tais demandas podem ser endereçadas através do ajuste e aplicação de sistemáticas de sequenciamento de tarefas. Existem diversas sistemáticas na literatura que se destinam a esse propósito, desde as mais simples e que requerem menor conhecimento técnico (como o sistema FIFO (*first in first out*), onde o primeiro pedido a entrar é o primeiro sair). Porém, muitas limitações emergem dessa sistemática, sendo o atraso um deles. Já em regras mais flexíveis, como o ATC (*Apparent Tardiness Cost*), desenvolvido por Rachamadugu e Morton (1982) para minimizar o atraso de programação, há a possibilidade de ajuste voltado ao endereçamento de características específicas do sistema.

Este artigo propõe uma modificação na regra ATC que visa minimizar custos e atrasos nas rotas de entrega de mercadorias de uma empresa que produz e distribui produtos alimentícios. Para tanto, as tarefas sequenciadas nas proposições originais do ATC serão substituídas por pontos de entrega, e os tempos de execução das tarefas serão relacionados aos tempos de deslocamento. Outras variáveis peculiares à área de análise serão inseridas no ATC, as quais incluem distâncias, ordem de priorização, restrições de tempo (como dia e horário de atendimento) e oscilações bruscas na demanda (as quais também acarretam modificação da rota), dentre outras. Objetiva-se, ao final do trabalho, reduzir os custos de descolamento associados às atividades de entrega.

Este trabalho está estruturado conforme segue: após esta introdução, será apresentado o referencial teórico, o qual é composto por distribuição física, sequenciamento de tarefas e ATC e suas derivações. A seguir, a metodologia de pesquisa será tratada a fim de apresentar a sistemática do estudo. Enfim, a última seção traz as conclusões do estudo.

2. Referencial teórico

Esta seção traz como objetivo a contextualização dos temas utilizados na pesquisa deste artigo. A distribuição física é o plano de fundo da análise e o afunilamento dos

assuntos posteriores é coeso devido a esta introdução. O sequenciamento de tarefas e as heurísticas de ATC são os temas foco do estudo. Já a função perda de Taguchi foi empregada para o desenvolvimento da variável delta (Δ), explicada nos itens decorrentes.

2.1 Distribuição física

A distribuição física de produtos contempla os processos operacionais e de controle que permitem transferir os produtos desde o ponto de fabricação até a entrega da mercadoria ao consumidor (NOVAES, 1994). Tal atividade deve ser garantida em todos os componentes da cadeia de abastecimento no prazo e com a qualidade determinada. É a distribuição física que efetua o vínculo entre a empresa e seus clientes (BOWERSOX; CLOSS, 2001). Em linhas gerais, pode-se dividir a distribuição em dois tipos de mercado: o do usuário final (a distribuição é feita diretamente ao consumidor final) e o composto por intermediárias (a distribuição é feita para pontos de vendas, os quais não consomem o produto, mas oferecem para revenda), (Mundo Logística Empresarial, 2015).

O planejamento de sistemas de distribuição físicas de produtos tem se tornado um dos principais desafios para os pesquisadores que atuam na área de transporte, devido à complexidade matemática das soluções dos problemas e pelos resultados que as decisões tomadas acarretam. Conforme Naruo (2003), as decisões de transportes e de distribuição física se expressam em uma variedade de formas; entre as principais, estão a roteirização e a programação de veículos. A partir de um sistema já dimensionado, com demanda, oferta e recursos necessários conhecidos, a roteirização e programação de veículos apresentam enfoque altamente operacional, em que a busca por melhores trajetos se torna um problema diário de decisão.

O problema de roteirização pode ser classificado como a forma de determinar percursos ótimos para uma frota de veículos, de forma a atender um conjunto de clientes geograficamente dispersos (BODIN et al., 1983). Diversas aplicações práticas podem ser citadas, incluindo-se entrega em domicílio de produtos comprados em lojas de varejo ou Internet, distribuição de jornais e de bebidas em bares, dentre outras (NOVAES, 2004). Com relação à programação ou sequenciamento de um veículo, Chih (1987) caracteriza o problema como uma sequência de pontos que um veículo precisa percorrer, tendo a condição adicional de ter janelas de horários preestabelecidas.

Neste contexto, conforme Ballou (2001) e Galvão (2003), o gerenciamento da distribuição física se dá em três níveis: estratégico, tático e operacional. Os problemas de roteirização e programação são tratados na fase operacional do sistema de distribuição. Assim, para que a otimização dos roteiros gere resultados satisfatórios é preciso que o sistema tenha sido bem planejado e bem dimensionado nos níveis estratégicos e táticos; para tanto, devem ser definidas questões como a composição da frota e o zoneamento (divisão da região de distribuição em zonas de atendimento) (GALVÃO, 2003).

Comumente, observa-se que soluções apresentadas para este ambiente operacional são executadas manualmente ou através de técnicas simples. E apesar do planejamento ser de suma importância, uma vez que os custos de transporte correspondem de um a dois terços do total dos custos operacionais das empresas (BALLOU, 2001), segundo Chih (1987) e Bose (1991) a maioria das empresas nacionais utilizam abordagens empíricas para a execução da atividade de roteirização. Tal endereçamento do problema, apesar de simplificar o processo de cálculo, pode levar a resultados distantes das soluções ótimas.

2.2 Sequenciamento de tarefas

O planejamento e Controle da Produção (PCP) se tornou elementar em empresas que almejam uma posição de destaque no mercado. Segundo Slack et al. (2002), o PCP assegura que os processos ocorram de forma eficiente e eficaz, auxiliando na demanda de produtos e serviços conforme as necessidades dos consumidores. Para Correa (2006), o planejamento da produção é definido como uma forma de obter informações para dar suporte ao processo produtivo, de modo a definir os recursos da produção e as medidas necessárias para ajustar fornecimento à demanda. Em um escopo de curto a médio prazo, a tomada de decisões no PCP envolve questões como o dimensionamento, sequenciamento e programação de lotes de produção. Dentre as diversas ferramentas utilizadas no planejamento e controle da produção, destacam-se as sistemáticas para o sequenciamento de tarefas produtivas.

Segundo Pinedo (2002), sequenciamento é uma forma de ordenar tarefas e recursos visando otimizar um ou mais objetivos. Para Davis et al. (2001) e Monks (1987), o sequenciamento visa determinar máquinas ou centros de trabalho a serem utilizados no

processamento de uma determinada tarefa. As técnicas de sequenciamento são bastante utilizadas no meio industrial por impactarem significativamente na produtividade, devido ao apoio oferecido aos processos decisórios de planejamento e controle da produção. Diversas funções objetivo podem ser endereçadas pelo sequenciamento: Pacheco e Santoro (1999) consideram o atendimento aos prazos, a redução do tempo de fluxo e a utilização da capacidade como inputs fundamentais na programação de tarefas. Dentre outras funções, destacam-se o *makespan* (tempo total da programação de tarefas), *mean flow-time* (tempo médio de duração do fluxo), *total flow time* (tempo total de duração de fluxo), *mean tardiness* (atraso médio do fluxo de tarefas), *maximum tardiness* (máximo de atraso de conclusão de tarefas), *tardiness* (soma das penalidades de atraso) e *earliness* (adiantamento).

Usualmente, os objetivos do sequenciamento estão atrelados a Regras de Prioridade (RP); elas são utilizadas para determinar a ordem de execução das tarefas nas máquinas ou centros de trabalho. Para Reid e Sanders (2005), quando existe mais de uma tarefa aguardando o processamento em uma máquina ou centro de trabalho, é necessária a aplicação de uma ou mais RP para definir a ordem de processamento. Tubino (2007) ainda acrescenta que tanto as informações sobre tarefas quanto a condição do sistema produtivo fazem parte de um procedimento que ordena as tarefas de acordo com as suas prioridades de processamento.

Diversas regras de sequenciamento foram desenvolvidas com o intuito de minimizar a diferença de tempo entre o início e o término de uma sequência de trabalhos ou tarefas; destaque para FIFO (*first in first out*), onde a primeira atividade a chegar no centro de processamento é a primeira a ser executada, e para o SPT (*shortest processing time*), onde a tarefa com o menor tempo de processamento é primeira a ser executada. Outras regras também são largamente utilizadas nesse campo, sendo de destaque as de despacho do tipo *Apparent Tardiness Cost* (ATC), tratadas no item seguinte.

2.3 *Apparent Tardiness Cost* (ATC) e suas derivações

Segundo Sun e Noble (1999), regras de despachos apresentam tamanha aplicabilidade por conta de sua simplicidade matemática e eficiência se comparada a outras técnicas - normalmente complexas e dependentes de grande processamento

computacional. Pinedo (1995) as classifica em dois grupos: as estáticas (além de não depender da variável tempo, a prioridade se mantém constante desde o momento da chegada até o encaminhamento ao posto de trabalho) e as dinâmicas (dependem do fator tempo e trabalham com critérios de prioridade em relação às demais tarefas a ser executadas).

As regras de despachos são de grande utilidade para problemas que têm como objetivo minimizar atrasos de um conjunto de tarefas. Entretanto, essas regras se mostram insatisfatórias quando aplicadas no campo prático, usualmente complexos. Para sanar essa necessidade, surgiram então as regras de despachos compostas: formuladas por regras de despacho elementares, são ponderadas através de parâmetros de escala (Pinedo 2008). Nesse contexto, Rachamadugu e Morton (1982) desenvolveram a heurística *Apparent Tardiness Cost* (ATC) a qual é aplicada em problemas de 1 máquina e n tarefas, sendo composta pelas heurísticas WSPT (*Weighted Shortest Processing Time*, utilizada quando o objetivo é a priorização das atividades com o menor tempo de processamento) e MS (*Minimum Slack*, aplicada quando o objetivo é a priorização das atividades com o maior tempo de folga). A fórmula do ATC é apresentada na equação (1), sendo I_j o índice de priorização da tarefa j no tempo t .

$$I_j(t) = \frac{w_j}{p_j} \exp\left(-\frac{\max(d_j - p_j - t, 0)}{kp}\right) \quad (1)$$

onde, w_j é o peso (subjetivo e definido pelo decisor) que descreve a priorização de uma tarefa j , p é o tempo de processamento da tarefa j e d o prazo de execução da tarefa j ; e Kp é um parâmetro de escala determinado empiricamente. O peso w_j descrito por Pinedo (1995) pode representar, por exemplo, o custo de manter a tarefa no sistema ou o valor já adicionada a ela. Assim sendo, para obter-se sequenciamentos com resultados satisfatórios, o valor de Kp deve ser ajustado a cada tipo de problema através de uma análise estatística.

Ainda que muito utilizada, na regra básica do ATC os processos sujeitos a tempos de setup não são incorporados. Tendo isso em mente, Lee (1997) propôs uma extensão da regra ATC: a ATCS (*Apparent Tardiness Cost with Setup*), de forma a contemplar na formulação o tempo de setup. Nesta combinação, o tempo de preparo influencia no

ordenamento das prioridades, priorizando as tarefas cujo tempo de preparo seja reduzido (ver equação (2)). Nota-se que são os mesmos parâmetros da equação (1) com o acréscimo do tempo de setup (δ_{lj}), gerado pela transição da tarefa l à tarefa j , e k_{2s} , uma constante empiricamente definida. O primeiro termo exponencial trata da folga de entrega das tarefas, enquanto o segundo aborda os tempos de preparação.

$$I_j(t) = \frac{w_j}{p_j} \exp\left(-\frac{\max(d_j - p_j - t, 0)}{k_{1p}}\right) \exp\left(-\frac{\delta_{lj}}{k_{2s}}\right) \quad (2)$$

Embasando-se na regra ATCS, outros desdobramentos e adaptações foram feitas a fim de customizar a fórmula para aplicações específicas. Yue e Jaejin (2012) propuseram customizações com o intuito de minimizar o tempo total de atraso em máquinas idênticas paralelas com tempo de setup diferentes, e chegaram à regra ATCSSR (*Apparent Tardiness Cost with Separable Setup and Ready time*) que visa abordar o problema de setups dependentes e contínuos. Os resultados alcançados comprovam que, no caso de máquinas paralelas idênticas, a regra proposta traz um ganho de desempenho em relação às regras ATC e ATCS. A formulação é descrita na equação (3).

$$I_j(t, i, j) = \frac{w_j}{p_j + \max(s_{ij}, r_j - t)} \exp\left(-\frac{\max(d_j - p_j - \max(r_j, t + s_{ij}), 0)}{k_{1p}}\right) \exp\left(-\frac{\delta_{lj}}{k_{2s}}\right) \exp\left(\frac{\max(r_j - t - s_{ij}, 0)}{k_{3s}}\right) \quad (3)$$

Da mesma forma, Rene e Lars (2011), fundamentaram-se na regra ATC para propor a ATCSR (*Apparent Tardiness Cost with Setups and Ready Times*), na equação (4). Trata-se de uma das mais efetivas regras de sequenciamento, visto que permite solucionar problemas dinâmicos com setups dependentes da sequência e do instante de liberação.

$$I_j(t, l) = \frac{w_j}{p_j * e\left(\frac{-\max(d_j - p_j - t, 0)}{k_{1p}}\right) * e\left(\frac{-\max(D_j - p_j - t, 0)}{k_{2p}}\right) * e\left(\frac{-\max(r_j - t, 0)}{k_{3p}}\right) * \left(\frac{-\max(D_j - p_j - t + \epsilon, 0)}{(D_j - p_j - t + \epsilon)}\right)} \quad (4)$$

Ainda dentro das derivações da regra ATC, Xi e Jang (2012) propuseram a regra *Modified Apparent Tardiness Cost with Setups and Ready Times* (MATCSR), elaborada com o objetivo de solucionar o problema em uma máquina com tempos de liberação futuros e setups dependentes de sequência contínua. Nesta regra, descrita pela equação (5), o primeiro termo inclui o tempo de setup dependente da sequência e o tempo desde a tomada de decisão até o instante de liberação da tarefa, de forma a evitar que tarefas com menor tempo de liberação sejam prorrogadas.

$$l_j(t, i, j) = \frac{w_j}{p_j + s_{ij} + \max(r_j - t, 0)} \exp\left(-\frac{\max(d_j - p_j - s_{ij} - \max(r_j, t), 0)}{k_1 p}\right) \exp\left(-\frac{\delta l_j}{k_2 s_j}\right) \exp\left(\frac{\max(r_j - t, 0)}{k_3 s}\right) \quad (5)$$

Tratando-se de exemplos práticos, Barman (1997) e Jayamohan e Rajendran (2000) propuseram um trabalho visando à minimização do atraso total em ambientes do tipo *flowshop* flexível. Os autores consideram o desempenho de uma série de regras de despacho em um *flowshop* flexível com três estágios, duas máquinas em cada estágio e cujas tarefas têm diferentes datas de liberação. Barman (1997) considera três medidas de desempenho enquanto Jayamohan e Rajendran (2000) consideraram sete medidas de desempenho diferentes; em ambos os trabalhos o atraso médio está entre as medidas de desempenho consideradas. Barman (1997) conclui que os melhores resultados para o atraso médio são obtidos quando diferentes regras de despacho são consideradas para os três estágios. Jayamohan e Rajendran (2000) propõem uma única regra de despacho para os três estágios e conseguiram um melhor desempenho comparado com os resultados de Barman (1997).

2.4 Função perda de Taguchi

Genichi Taguchi, engenheiro e estatístico nascido no Japão, desenvolveu uma lógica que utiliza métodos estatísticos objetivando melhorar a qualidade dos produtos manufaturados. Taguchi retratou a ideia de que a variação do alvo desejado acarreta em perdas para a sociedade, e ficou popularizada com o conceito da função perda, focando no impacto da variação da qualidade (Datalyzer, 2010). A ferramenta por si só não

proporciona melhorias no processo, mas auxilia de forma ímpar a tomada de decisão do gestor (Goh, 1993). A concepção é mostrada na figura 1 a seguir. O gráfico demonstra a função perda associada com a ideia de estar dentro ou fora dos limites de especificação.

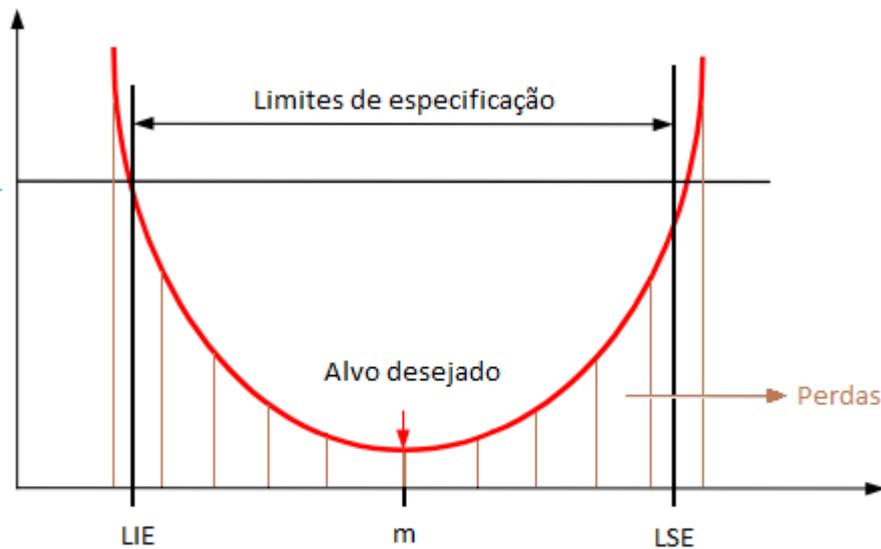


Figura 1

O alvo central, m , representa o nível ideal do parâmetro do projeto. Os dois limites de especificação LIE (limite inferior de especificação) e LSE (limite superior de especificação), são os limites de especificação simétricos padronizados. O eixo vertical é a medida do valor de perda devido ao desvio da característica do nível desejado, Kacker (1986).

3. Metodologia

3.1 Descrição do cenário

O cenário de estudo constitui-se no sistema logístico de uma empresa de produtos alimentícios. Situada em Porto Alegre, a microempresa conta com 3 funcionários diretos e 4 indiretos, produzindo brownies (bolo de chocolate de origem americana) para 24 pontos de vendas (pdv) e para consumidores de forma direta. Majoritariamente, os pdv se localizam na cidade de Porto Alegre, encontrando-se também nos Vales do Rio Pardo e Taquari. O sistema de produção é misto, onde a produção é alternada por ciclos de produções empurrada e puxada. A produção é empurrada, por se basear em uma previsão de mercado calculada a partir das vendas anteriores; e quando há necessidade de atender

demandas pontuais, no caso das vendas sem intermediários, torna-se necessário puxar a produção. No primeiro caso, é de suma importância ter um sistema de rotas bem planejado, tendo em vista que as entregas dos brownies aos pdv são feitas duas vezes por semana, impactando significativamente nos custos operacionais. Atualmente a empresa não conta com nenhuma ferramenta de sequenciamento para atendimento dos pdv, sendo a rota ajustada de forma empírica.

3.2 Caracterização do método de pesquisa

O presente estudo se posiciona da seguinte forma em aspectos metodológicos: estudo de caso aplicado, pois tem a intenção de contribuir para a empresa em estudo para fins práticos, visando à solução do problema encontrada na realidade (Barros e Lehfel, 2002); quantitativo, dado que as coletas de dados serão em um ambiente controlado, assim como as informações obtidas que posteriormente, serão traduzidas em números (Polit et al., 2004); com objetivo descritivo, por se tratar de uma pesquisa mercadológica, com registros e análises dos fenômenos (Barros e Lehfel, 2007).

3.3 Caracterização do método de trabalho

O método proposto se apoia em três passos operacionais: coleta de dados, aplicação da regra ATC e comparação de resultados com a atual sistemática utilizada na empresa em estudo. Tais etapas são detalhadas na sequência.

I) Coleta de dados

Essa etapa consiste em coletar e organizar os dados necessários para aplicação da heurística de sequenciamento. Tais dados incluem variáveis que descrevem: (a) localização de cada cliente, (b) tempo gasto no deslocamento entre dois pontos de vendas, (c) distância percorrida entre eles, (d) data e horário possíveis de entrega em cada ponto, e (e) escala subjetiva de priorização (visando dar maior peso a clientes preferenciais).

II) Modificação da regra ATC

Esta etapa será direcionada para à alteração da regra ATC. A ideia está em substituir as variáveis tradicionais do ATC (tempo de processamento e data de entrega de um pedido) por variáveis associadas ao setor em análise (apontadas no passo I). Tais

variáveis serão manipuladas de maneira que clientes (pdvs) prioritários gerem elevados valores de I_i . Para isso, os valores serão disposto em ordem decrescente, apontando a ordem de visita do pontos de venda. Ainda nesta etapa, será feito o desenvolvimento da variável delta (Δ).

III) Análise e resultados

A partir das regras geradas será feito o estudo de sequenciamento. Como se trata de uma heurística com termos subjetivos, portanto com resultados extensivos, serão propostas mais de uma regra afim de chegar na melhor possibilidade. A análise será feita a partir dos resultados das tentativas de ordenamento.

4. Composição da nova regra ATC

Ainda que a empresa tenha um portfólio de vinte e quatro clientes, o estudo neste artigo se fez com os vinte e um clientes localizados em Porto Alegre. Como se trata de um estudo de rotas, não coube fazer a análise incluindo os pontos de vendas de outras cidades cujas entregas são feitas por distribuidores locais.

O estudo foi realizado através da composição de uma nova regra derivada da heurística ATC e, portanto, tem como principal função objetivo reduzir o tempo total de atraso na rota. As variáveis consideradas na composição da nova heurística foram: w (peso subjetivo atrelado a variáveis objetivas), faturamento, tipo de pagamento, tempo despendido na entrega, tempo de deslocamento entre os pdv e uma variável de contribuição original dessa pesquisa, chamada aqui de delta (Δ), embasada na metodologia de Taguchi. De forma a deixar a variável w menos subjetiva, foi elencado cinco subvariáveis referente a cada pdv: marca ser descolada, público alvo ser jovem, público ter poder aquisitivo alto, pdv ter boa relação com os clientes, produtos comercializados no pdv ter ligação com brownie. Para cada pergunta foi atrelado o valor de um no caso de uma resposta positiva e de zero para uma negativa. A soma das subvariáveis, portanto, vai de um a cinco. Abaixo, a tabela que evidencia os valores de w encontrados para cada cliente:

Fatores considerados para estabelecer w						
Cliente	Marca descolada	Público jovem	Poder aquisitivo alto	Boa relação com seus clientes	Produtos relacionados	w
Café da Vivo	0	0	0	0	1	1
Café Cantantante	1	1	0	1	1	4
Pug Hotdog	1	1	0	0	1	3
GraffShop	1	1	0	0	0	2
Loja Pandorga	1	1	1	1	0	4
Lagom	1	1	1	1	1	5
A Virgem Bar	1	1	1	0	1	4
Bar 512	1	1	0	1	0	3
Pinacoteca Bar	1	1	0	0	1	3
Moretti Burger	0	0	1	1	1	3
Moretti Churrasquinho	0	0	1	1	1	3
Colégio Província	0	1	1	1	1	4
Markt 705	1	1	1	0	1	4
Markt 890	1	1	1	0	1	4
Hive In Coworking	1	0	0	0	0	1
Hamburgueria O Inglês	0	0	0	0	1	1
La Boqueria	0	0	0	1	1	2
Haus	1	0	1	1	1	4
Oaks	1	1	1	1	1	5
Ossip	1	0	1	0	1	3
Odessa	1	1	1	0	1	4

(Tabela 1)

O uso do faturamento (f) na heurística, foi estabelecido por meio do percentual que cada cliente representava no faturamento mensal total. O tempo despendido em cada pdv (t) é proporcional a forma de pagamento do cliente, sendo os pagamentos à vista os mais demorados, e os via boleto ou transferência os mais ágeis. A escala para essa variável (usada na fórmula como t^{-1}) vai de dois a dez: dois em clientes que efetuam o pagamento via transferência, quatro se via boleto, seis para pagamentos em espécie ao final de cada mês, oito para pagamento da entrega passada e dez para pagamentos à vista da entrega corrente. Para o tipo de pagamento (p), foi elencado essa mesma escala, sendo dois os pagamentos mais ágeis no momento da entrega (transferência e boleto), seis para pagamentos feitos à vista no final de cada mês, oito para os que são à vista com pagamentos referentes a entrega passada e dez para pagamentos no ato de cada entrega. Abaixo, segue a tabela ilustrando esses três parâmetros:

Cliente	Faturamento (f)	Tempo no pdv (t)	Tipo pgto (p)
Café da Vivo	4,05%	8	8
Café Cantantante	3,04%	10	10

Pug Hotdog	3,04%	6	6
GraffShop	2,53%	8	8
Loja Pandorga	2,53%	2	2
Lagom	5,21%	6	6
A Virgem Bar	5,07%	6	6
Bar 512	3,04%	10	10
Pinacoteca Bar	2,53%	10	10
Moretti Burger	3,04%	6	6
Moretti Churrasquinho	5,65%	10	10
Colégio Província	3,91%	2	4
Markt 705	10,13%	10	10
Markt 890	3,55%	10	10
Hive In Coworking	3,55%	2	4
O Inglês	3,29%	2	4
La Boqueria	3,55%	10	10
Haus	10,13%	2	4
Oaks	15,20%	2	4
Ossip	3,47%	10	10
Odessa	3,47%	8	8

(Tabela 2)

Para o tempo de setup (*set*), nesse caso sendo o tempo de deslocamento do pdv_i para o pdv_j , fez-se uso de uma matriz “de para”. Como a ordem de priorização dos clientes é em ordem decrescente dos resultados dos ATC, a variável *set* fica no denominador da heurística com objetivo dos clientes com menores tempos de deslocamento resultarem em um ATC maior. Segue a tabela usada para essa dinâmica:

DE \ PARA	Café da Vivo	Café Cantantante	Pug Hotdog	GraffShop	Loja Pandorga	Lagom	A Virgem Bar	Bar 512	Pinacoteca Bar	Moretti Burger
Café da Vivo	0	5	5	6	6	4	3	5	5	23
Café Cantantante	3	0	2	3	5	4	5	7	7	22
Pug Hotdog	6	6	0	1	7	7	8	9	10	22
GraffShop	7	7	3	0	9	9	9	9	11	23
Loja Pandorga	7	4	5	6	0	3	9	11	11	21
Lagom	6	3	4	5	5	0	8	10	10	22
A Virgem Bar	3	7	7	8	8	6	0	3	3	25
Bar 512	5	9	9	9	11	9	4	0	5	20
Pinacoteca Bar	5	9	7	7	11	9	4	5	0	20
Moretti Burger	20	19	19	20	16	18	20	19	21	0
Moretti Churrasquinho	17	16	16	17	13	15	19	18	21	7
Colégio Província	18	17	16	18	14	16	20	18	22	4
Markt 705	13	10	12	13	10	11	16	13	15	10
Markt 890	12	9	10	11	10	9	14	14	15	10
Hive In Coworking	9	6	7	8	5	6	11	12	13	10
O Inglês	14	11	12	13	10	11	16	14	15	7
La Boqueria	17	14	15	16	13	14	19	15	17	9
Haus	21	19	19	26	17	19	23	20	22	7
Oaks	10	7	8	9	6	7	12	12	14	13
Ossip	14	11	12	11	10	11	16	16	15	14
Odessa	7	5	1	6	4	8	9	10	11	22

Moretti Churrasquinho	Colégio Província	Markt 705	Markt 890	Hive In Coworking	O Inglês	La Boqueria	Haus	Oaks	OSSIP	Odessa
22	23	13	12	11	17	18	23	13	12	5
21	22	12	11	10	16	17	22	12	11	2
24	24	13	12	12	15	18	24	11	13	3
26	26	15	14	13	17	20	20	13	14	2
22	22	11	9	9	15	16	22	10	10	9
22	24	11	11	9	14	17	23	9	10	3
25	25	15	14	14	19	20	25	16	15	8
21	21	15	14	11	14	17	20	15	14	10
21	20	14	14	11	14	17	20	15	15	11
2	5	10	10	11	13	10	6	17	14	20
0	1	12	14	14	10	10	3	18	15	17
1	0	13	15	15	10	11	4	19	15	17
15	14	3	2	10	3	7	17	6	3	11
17	16	3	0	8	7	7	19	4	1	9
15	15	5	6	0	8	10	17	7	5	6
10	9	6	6	9	0	5	12	9	6	11
11	11	7	6	13	6	0	13	9	6	14
4	5	15	18	18	13	13	0	21	18	20
16	16	3	2	6	7	8	18	0	2	7
18	17	4	1	8	8	7	20	2	0	11
25	25	13	13	10	15	18	26	11	13	0

(Tabela 3)

A variável delta (Δ) foi estabelecida segunda a função quadrática adaptada $(h-m_i)^2$ de Taguchi, onde h é a hora em que o ciclista se encontra na rota e m é o melhor horário de atendimento do cliente i (segue abaixo a tabela discriminando o m de cada cliente).

Cliente	Café da Vivo	Café Cantantante	Pug Hotdog	GraffShop	Loja Pandorga	Lagom	A Virgem Bar	Bar 512	Pinacoteca Bar	Moretti Burger
m	16,5	14	13	16	12	18	18	9,5	10	18

Moretti Churrasquinho	Colégio Província	Markt 705	Markt 890	Hive In Coworking	O Inglês	La Boqueria	Haus	Oaks	OSSIP	Odessa
18	12	15	15	11	16,5	12	16	15	18	18

(Tabela 4)

É importante salientar que, na nova regra proposta algumas variáveis têm maior grau de relevância do que outras – essa tomada de decisão foi feita pelo gestor, de acordo com os valores da empresa. Afim de satisfazer essa condição, as variáveis foram elevadas na constante de Euler (e) para potencializar o seu peso diante do restante. Concluiu-se então a regra como se segue:

$$I_1 = \frac{w \cdot p}{t} * e^{(f \cdot set)} * e^{(-\Delta)} \quad (6)$$

Somente para fins de contextualização, a regra acima foi gerada e testada paralelamente a outras duas regras: uma utilizando as variáveis somente de forma linear (7) e a outra elevando todos os termos na constante de Euler (8). A decisão da regra a ser utilizada foi dada pelo procedimento que será detalhado no item a seguir (5. Resultados), mas em suma, o resultado gerado por cada regra foi analisado e comparado com os processos atuais da empresa. O gestor escolheu por aquela heurística que considerava a mais próxima da realidade. Apesar da decisão ter sido embasada empiricamente, foi bastante clara e concisa, dado que certas locomoções geradas estavam muito descoladas de uma provável otimização.

$$I_2 = w * \frac{f * p}{t * set * \Delta} \quad (7)$$

$$I_3 = e^w * \frac{e^{f * p}}{e^{t * set * \Delta}} \quad (8)$$

5. Resultados

O resultado gerado na heurística foi um sequenciamento dos pontos de venda da empresa em estudo, levando em consideração prioridades subjetivas. O cálculo desse ordenamento foi feito da seguinte forma: foram realizadas vinte e uma rodadas de ATC usando a regra (6). Para cada rodada foi calculado o valor do ATC de cada cliente, pegou-se então o maior dos resultados para elencar o cliente a ser visitado. Ao entrar na fila, o ponto de venda era desconsiderado nas próximas rodadas. Já o termo delta (Δ) foi considerada em todas as séries, excetuando a primeira (tendo em vista que não existe deslocamento para o cliente 1). Para todas as outras rodadas, usou-se a variável normalmente. Abaixo segue a tabela exemplificando os cálculos:

	Cliente	ATC1	ATC2	ATC3	ATC4	ATC5	ATC6	ATC7	ATC8	ATC9
1	Café da Vivo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-
2	Café Cantantante	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	-
3	Pug Hotdog	0,000	0,000	0,000	-	-	-	-	-	-
4	GraffShop	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-
5	Loja Pandorga	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	-	-	-

6	Lagom	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	A Virgem Bar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	Bar 512	0,016	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Pinacoteca Bar	0,008	0,002	-	-	-	-	-	-	-
10	Moretti Burger	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	Moretti Churrasquinho	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	Colégio Província	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13	Markt 705	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	Markt 890	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	Hive In Coworking	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	-	-
16	O Inglês	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17	La Boqueria	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18	Haus	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19	Oaks	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	Ossip	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21	Odessa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Maior ATC	0,016	0,002	0,000						

ATC10	ATC11	ATC12	ATC13	ATC14	ATC15	ATC16	ATC17	ATC18	ATC19	ATC20	ATC21
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	-	-	-	-	-
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	-	-	-	-
0,000	0,000	0,036	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,004	-	-	-	-	-
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-
0,000	0,000	0,000	0,152	-	-	-	-	-	-	-	-
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-	-	-	-	-	-
0,000	0,143	0,036	0,152	0,000	0,005	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

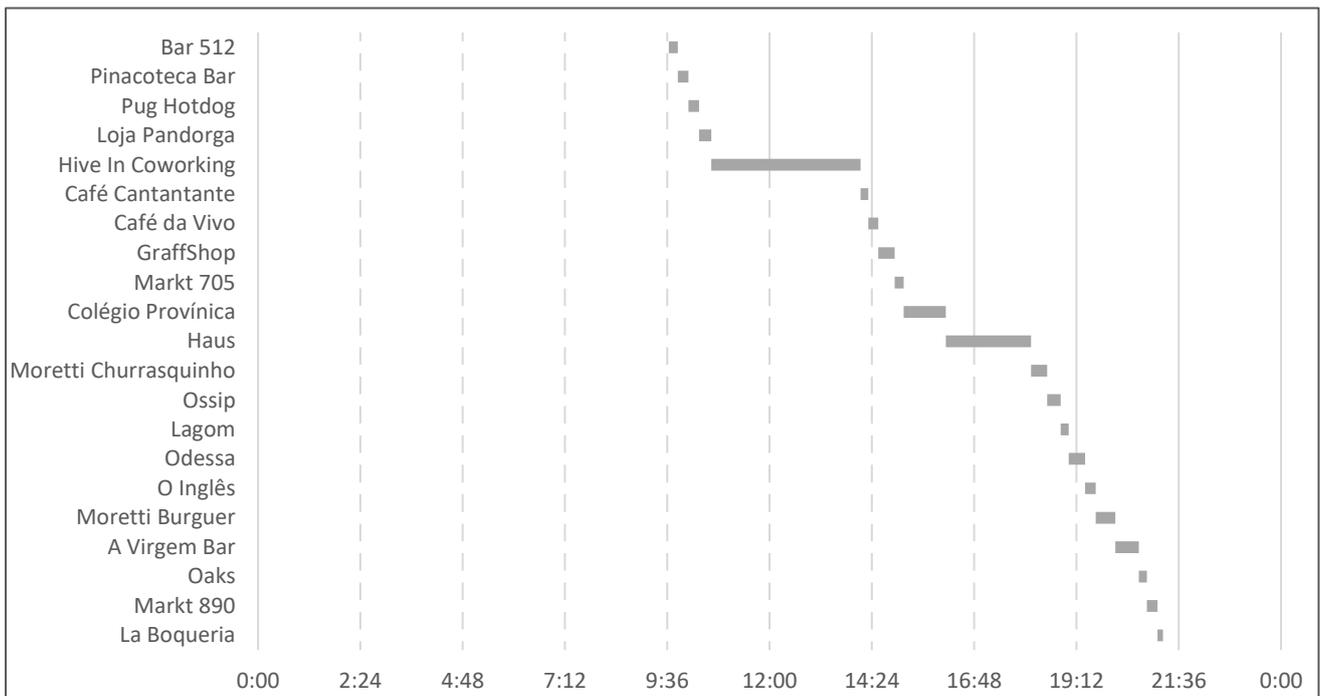
(Tabela 5)

Chegou-se então, ao seguinte resultado:

SEQUÊNCIA	8	9	3	5	15	2	1	4	13	12	18	11	20	6	18	16	10	7	19	14	17
-----------	---	---	---	---	----	---	---	---	----	----	----	----	----	---	----	----	----	---	----	----	----

(Sequência 1)

Esse sequenciamento teve uma duração total de onze horas e vinte e oito minutos (11:28). Posteriormente, foi plotado um gráfico de Gantt com o objetivo de um entendimento dos intervalos de tempos entre os pontos de vendas. Como as entregas tem início as nove horas da manhã, considerou-se nove e meia (9:30) para o tempo de chegada no primeiro cliente; oito minutos como sendo o tempo médio dispendido no processo de entrega de cada cliente; e utilizada a matriz “de para” quando se tinha a necessidade de saber o tempo de deslocamento do pdv_i para o pdv_j .



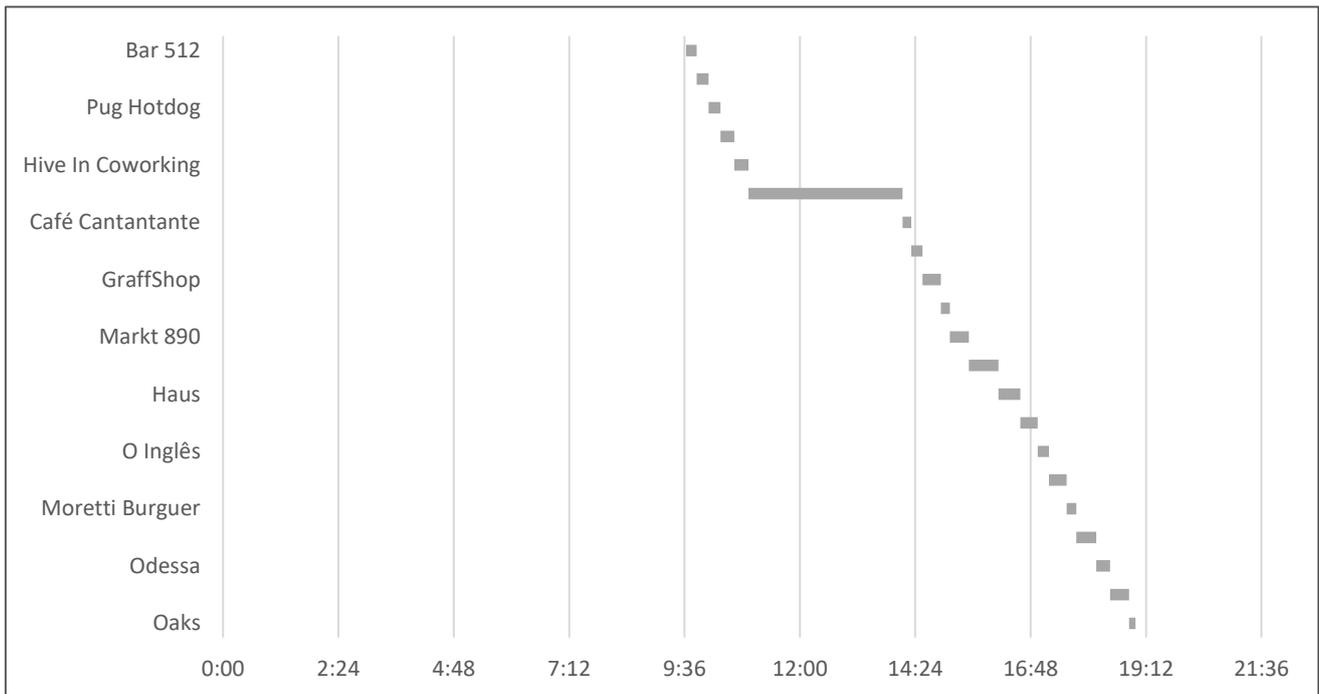
(Gráfico de Gantt referente a sequência 1)

Pode-se perceber a existência de *gaps* que poderiam ser preenchidos com clientes que têm maior flexibilidade de recebimento de produtos e, que não afetaria a sequência 1 otimizada. Portanto, fez-se uma análise empírica juntamente com novas rodadas de ATC na busca de possíveis melhoras. O que se encontrou nessas tentativas foi um sequenciamento com duração de duas horas e quinze minutos a menos do que a primeiro teste. O processo que se encerrava as 21:06 passa a ser finalizado as 18:51, ou seja, uma

melhora de 24,4%. Abaixo, o resultado da nova sequência com o referente gráfico de Gantt:

SEQUÊNCIA	8	9	3	5	15	17	2	1	4	13	14	12	18	6	16	20	10	11	21	7	19
-----------	---	---	---	---	----	----	---	---	---	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----

(Sequência 2)



(Gráfico de Gantt referente a sequência 2)

A utilização do horário de almoço, entre onze e catorze horas, para fazer entregas se torna inviável para empresas que trabalham servindo almoço – a grande maioria. Ainda que se tenha clientes que poderiam receber nesse período, o sequenciamento se tornaria sub otimizado, dado que outras variáveis, com peso igual ou superior a variável tempo, também foram levadas em consideração na rota.

5. Conclusão

O estudo deste artigo foi sustentado através de uma adaptação da heurística ATC, cujo objetivo é o sequenciamento de tarefas a partir de variáveis subjetivas específicas da empresa. O ordenamento dos clientes por essa ferramenta foi de suma importância para o entendimento do peso dos parâmetros elencados. Usualmente, o que se espera de um

sequenciamento de tarefas é somente a otimização do tempo. O que se encontrou aqui com a regra de despacho foi a compreensão verdadeira das variáveis intangíveis como valor de marca, relação com clientes, tipo de pagamento; assim como as tangíveis, tempo de deslocamento, faturamento e tempo dispendido no pdv. O pesquisador, e também dono da empresa estudada, pode perceber o êxito que essa ferramenta têm na prática, estreitando a distância entre teoria e prática.

Para futuras pesquisas em processos de distribuição, sugere-se a consideração dos custos associados a diferentes meios de transporte (critério objetivo), assim com a percepção dos clientes desses serviços (critério subjetivo), afim de que o gestor possa tomar uma decisão ainda mais embasada.

6. Referências

ALUKAL, George. **Create a Lean, Mean Machine.** *Quality Progress*, v. 36, nº 4, 2003.

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física.** Tradução Hugo T. Y. - São Paulo: Atlas, 1993.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suplementos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial.** Trad. Elias Pereira. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BARMAN, C. **Students' views of scientists and science: Results from a national study.** *Science and Children*, 1997.

BODIN, L. D.; GOLDEN, B.; ASSAD, A.; BALL, M. **Routing and Scheduling of vehicles and crews: The state of the art.** *Computers and Operations Research*, v. 10, n. 2, 1983.

BOSE, R. de C. A. **Modelos de Roteirização e Programação de entregas em redes de transportes.** 1990.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento.** Tradução da Equipe do Centro de Estudos em

Logística, Adalberto Ferreira das Neves; Coordenação da revisão técnica Paulo Fernando Fleury, César Lavalle. São Paulo: Atlas, 2001.

CHIH, W. Y. **Influência dos Custos Fixos e Variáveis na Roteirização de Frotas de Veículos com Capacidades Variadas**. 1987.

CORREA, Henrique Luiz; GIANESI, Irineu G. Nogueira; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2006.

DAVIS. M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos de Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Bookman. Porto Alegre, 2001.

GALVÃO, L. C. **Dimensionamento de Sistemas de Distribuição através do Diagrama Multiplicativo de Voronoi com Pesos**, 2003.

KEARNEY, A. **Improvem productivity in physical distribution**. Report undertaken for CPDM. London (1980).

LEE, Y.H., BHASKARAN, K. e PINEDO, M. **A heuristic to minimize the total weighted tardiness with sequence-dependent setups**. *IIE Transactions*, v.29, p.45-52, 1997

MONKS, J. G. **Administração da Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

NARUO, M. K. **O Estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos, utilizando Sistemas de Informação Geográficos**, 2003.

NOVAES, A. G. **Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição de Produtos**. São Paulo: Edgard Bluncher, 1989.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. Rio de Janeiro: Elsevier – Editora Campus, 2004.

PACHECO, R. F.; SANTORO, M. C. **Proposta de classificação hierarquizada dos modelos de solução para o problema de job shop scheduling**. *Gestão e Produção*. V 6. 1999.

PINEDO, M.L. Scheduling – **Theory, Algorithms, and Systems**, 3ª Ed. New York: Springer, 2008.

REID, R. D.; SANDERS, N. R. **Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

RACHAMADUGU, R.V., AND MORTON, T.E. **Myopic heuristics for the single machine weighted tardiness problem**. Working Paper, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, v. 30, p. 82-83, 1982.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da Produção: teoria e prática**. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

YUE, X.; JANG, J.J., Scheduling jobs on identical parallel machines with unequal future ready time and sequence dependent setup: An experimental study. **International Journal Productions Economics** 137 (2012) 1-10, 2012.

Mundo Logística Empresarial. Disponível em: <<http://mundo-logisticaempresarial.blogspot.com.br/2015/07/distribuicao-fisica-conceitos-principais.html>>. Acesso em 2 de junho de 2016.

Sua Pesquisa. Disponível: <http://www.suapesquisa.com/economia/pib_estados_unidos.htm>