

Aplicação do ABC Matricial em uma Indústria calçadista em Portugal

Alex Fabiano Bertollo Santana (Univ. Minho/Portugal) - afbsantana@hotmail.com

Paulo Afonso (UMinho) - psafonso@dps.uminho.pt

Hyggor da Silva Medeiros (Univ. Minho/Portugal) - hyggor_medeiros@hotmail.com

Resumo:

A investigação em gestão de custos compreende o desenvolvimento, validação e aplicação de novos modelos e algoritmos de cálculo que suportem a conceção e implementação de soluções caracterizadas por níveis de eficácia e de eficiência mais elevados que as alternativas existentes. O presente artigo tem como objetivo principal realizar uma aplicação do modelo ABC Matricial. Esta ferramenta de gestão de custos tem por base a multiplicação de matrizes, assumindo-se como um algoritmo expedito para o desenvolvimento de sistemas de custeio e para a posterior tradução dos custos em equações e sistemas de equações de custo. Como metodologia de pesquisa, classifica-se como um estudo de caso em uma indústria calçadista de Portugal, utilizando a simulação de dados para validação do modelo. Como conclusão, o algoritmo apresentado pode resultar num desenvolvimento importante, na medida em que é uma abordagem eficaz para calcular os custos do produto e porque oferece um algoritmo simples e flexível para a concepção de software no controlo dos custos dos produtos.

Palavras-chave: *Custeio Baseado nas Atividades. Gestão Estratégica de Custos. Modelos Matemáticos. ABC Matricial.*

Área temática: *Custos como ferramenta para o planeamento, controle e apoio a decisões*

Aplicação do ABC Matricial em uma Indústria calçadista em Portugal

Resumo

A investigação em gestão de custos compreende o desenvolvimento, validação e aplicação de novos modelos e algoritmos de cálculo que suportem a conceção e implementação de soluções caracterizadas por níveis de eficácia e de eficiência mais elevados que as alternativas existentes. O presente artigo tem como objetivo principal realizar uma aplicação do modelo ABC Matricial. Esta ferramenta de gestão de custos tem por base a multiplicação de matrizes, assumindo-se como um algoritmo expedito para o desenvolvimento de sistemas de custeio e para a posterior tradução dos custos em equações e sistemas de equações de custo. Como metodologia de pesquisa, classifica-se como um estudo de caso em uma indústria calçadista de Portugal, utilizando a simulação de dados para validação do modelo. Como conclusão, o algoritmo apresentado pode resultar num desenvolvimento importante, na medida em que é uma abordagem eficaz para calcular os custos do produto e porque oferece um algoritmo simples e flexível para o concepção de *software* no controlo do custos dos produtos.

Palavras-chave: Custeio Baseado nas Atividades. Gestão Estratégica de Custos. Modelos Matemáticos. ABC Matricial.

Área Temática: Custos como ferramenta para o planeamento, controle e apoio a decisões.

1 Introdução

No atual cenário mundial torna-se cada vez mais evidente que as empresas necessitam melhorar o desempenho dos seus sistemas produtivos, pois, só assim conseguirão enfrentar com sucesso os desafios colocados pela crescente exigência dos mercados (elevada diversidade de produtos, qualidade, baixo custo e prazos de entrega reduzidos). As atividades de gestão, controlo e redução de custos são fundamentais não só para assegurar as margens de lucro, mas cada vez mais enquanto elemento de competitividade das empresas, as quais tendem a operar no mercado global sob forte competição. Os sistemas de custeio permitem calcular o custo dos diferentes objetos de custo relevantes para uma empresa através da alocação e imputação de custos diretos e indiretos. O peso destes últimos no custo dos produtos tem vindo a aumentar (Miller & Vollman, 1985; Turney, 1996; Appelbaum et al., 2001; Campos & Figueirêdo, 2009).

O tratamento dos custos indiretos é particularmente exigente e merece uma atenção especial por parte de quem concebe e utiliza sistemas de custeio e de gestão de custos nas empresas. Os sistemas de custeio ditos tradicionais não prestavam particular atenção aos custos indiretos incidindo, sobretudo sobre os custos diretos (materiais e mão de obra direta). Porém, esta situação tem vindo a alterar-se, sobretudo desde a década de 80 do século passado (Kaplan, 1984; Miller & Vollmann, 1985; Tijss & Driessen, 1986).

Deste modo, os sistemas de custeio tradicionais tornaram-se obsoletos ou inadequados. Em Kaplan (1990) apresentam-se diversas razões para a obsolescência dos sistemas de custeio tradicionais: o custo dos produtos é mal calculado, levando a más decisões; a informação não é analisada em tempo útil para a tomada de decisão; a informação gerada não é a mais pertinente em termos de controlo; os resultados gerados são tipicamente dados financeiros e não de gestão. Ou seja, os sistemas de custeio e de gestão de custos tradicionais deixaram de contribuir de forma decisiva para a gestão das empresas.

Neste contexto, surgiu o Custeio Baseado em Atividades ou ABC, como metodologia capaz de melhorar a qualidade das informações de custos, tanto de processos quanto de produtos, bem como prover informações mais acuradas sobre atividades de produção e de

suporte. Porém, o sistema ABC é muitas vezes visto como um sistema de alto custo de desenvolvimento, relativamente complexo e de difícil modificação ou adaptação o que leva muitas vezes à sua não utilização (Stouthuysen et al, 2010).

Devido aos problemas encontrados no ABC tradicional, o ABC matricial surge com o intuito de tentar trabalhar de uma forma mais simples estes problemas, ou seja, utilizando os indutores de custos na forma de álgebra linear, onde a forma de aplicação será mais rápida e os controles por sua vez serão mais eficientes e eficazes.

Portanto, o presente artigo tem como objetivo principal realizar uma aplicação do modelo ABC Matricial. Esta ferramenta de gestão de custos tem por base a multiplicação de matrizes, assumindo-se como um algoritmo expedito para o desenvolvimento de sistemas de custeio e para a posterior tradução dos custos em equações e sistemas de equações de custo. O recurso a modelos baseados em matrizes e sistemas de equações de custo enquanto sistemas de otimização da gestão de custos poderá permitir uma utilização mais apropriada dos recursos, incrementando os níveis de competitividade em termos de custos, qualidade e rentabilidade – objetivos centrais de uma efetiva Gestão Estratégica de Custos (GEC). (Sprinkle, 2003) descreve de igual modo ao desenvolvimento e aplicação de sistemas de gestão de custos ótimos ou otimizados os quais devem disponibilizar informação que permita que a tomada de decisão e caracterizar-se por elevados níveis de eficácia e eficiência.

O ABC Matricial tem por base a multiplicação de matrizes, assumindo-se como um algoritmo expedito para o desenvolvimento de sistemas de custeio e para a posterior tradução dos custos em equações e sistemas de equações de custo. Curiosamente, a investigação publicada sobre gestão de custos na década de 70 do século passado na prestigiada *The Accounting Review* era essencialmente de caráter analítico e suportada em modelos económicos e matemáticos. Na década de 1960 e 1970, alguns investigadores estudaram e publicaram modelos de alocação de custos que integram matrizes e álgebra linear com o modelo *input-output* de Leontief (e.g. Kaplan, 1973, entre outros). Posteriormente, estudaram-se estratégias de otimização para sistemas de gestão de custos mas relativamente simplistas, e.g. estudos focados no *trade-off* entre o número de indutores ou direcionadores de custo (*cost drivers*) e o custo de concepção, manutenção e utilização dos sistemas de informação que suportam o custeio baseado em atividades (Babad & Balachandran, 1993; Homburg, 2001; Pehrsson, Amos & Stockton, 2013).

No ABC Matricial há uma modelação dos custos utilizando a álgebra linear, suportando-se num algoritmo de duas etapas em que os custos são primeiramente imputados às atividades e depois, numa segunda etapa, das atividades aos objetos de custo, tal como no ABC tradicional. Porém, o ABC Matricial oferece suporte para diversos desenvolvimentos nomeadamente ao nível da formulação de problemas de gestão de custos, na extensão do modelo à pesquisa operacional sobre gestão de custos e no desenvolvimento de *software* de gestão de custos. o ABC Matricial baseou-se nas matrizes de imputação de custos apresentadas em Roztock et al, (1999) tendo sido desenvolvido por Afonso (2002) e posteriormente validado através de um caso real em Afonso & Paisana (2009). Em termos gerais, o ABC Matricial pode ser inserido num conjunto mais vasto de modelos matemáticos relacionados com o custeio e com a gestão de custos os quais visam a simulação de situações reais nas empresas, buscando principalmente auxiliar na solução de problemas inerentes a tomada de decisão.

Nas próximas seções explicam-se os principais conceitos de um sistema ABC Matricial e descreve-se o algoritmo de cálculo baseado na multiplicação de matrizes. A aplicação e extensão do ABC Matricial são discutidas na secção 4 e, finalmente são apresentadas as conclusões.

2 Custeio Baseado nas Atividades

A Gestão de Custos baseada nas atividades compreende o ABC (Activity Based Costing) e o Time-driven Activity Based Costing (TDABC). O ABC ou custeio baseado nas

atividades permite uma análise detalhada dos custos de um produto, dando atenção às atividades e aos processos que caracterizam o negócio da organização (Swenson, 1995). O ABC é uma metodologia particularmente adequada para lidar com sistemas de fabrico complexos e diversificados (Afonso e Paisana, 2009), que permite suportar a tomada de decisão estratégica ao nível de três áreas distintas: a definição do preço dos produtos, o mix de produção e o desenvolvimento e concepção de novos produtos (Innes & Mitchell, 1998).

No que concerne ao mix de produção, o ABC permite medir o custo e o desempenho das atividades e dos objetos de custo. Nesse sentido, baseia-se em três premissas básicas: os produtos requerem atividades, as atividades consomem recursos e os recursos custam dinheiro (Afonso, 2002). Concetualmente, Kaplan (1984) sintetiza estas premissas desta forma: as diversas atividades consomem recursos e os produtos, por sua vez, consomem atividades.

Como esta metodologia parte do princípio de que nem todos os custos podem ser relacionados com o volume de produção ou com o volume de utilização dos recursos diretos, estes são tratados de forma mais rigorosa (Afonso, 2002), tornando assim os custos indiretos num elemento mais perceptível, ou seja, torna o *overhead* mais imputável (Tippett, 1993). O ABC assume-se assim como um sistema melhorado no que toca à precisão do custeio do produto, comparativamente aos sistemas de custeio tradicionais (Tsai, 1996).

Porém, o sistema ABC é muitas vezes visto como um sistema de alto custo de desenvolvimento, relativamente complexo e de difícil modificação ou adaptação o que leva muitas vezes à sua não utilização (Stouthuysen, et., 2010). Ness & Cucuzza (1995) afirmam que muitas companhias adotaram e exploraram a viabilidade do ABC, porém, identificaram que menos de 10% o utilizavam para suporte na gestão das suas operações, e que os outros 90% abandonaram ou suspenderam a sua utilização na empresa, devido a dificuldade de formação e comprometimento dos colaboradores. Kaplan & Anderson (2004) reconheceram as limitações do método e compreenderam que as críticas eram justificadas pelos seguintes fatores: (i) alto investimento para implantar o método, (ii) complexidade de mantê-lo na empresa e (iii) dificuldade de modificá-lo quando necessário.

O TDABC é uma variação do sistema ABC mas com um funcionamento mais simples e mais voltado para os tempos de execução das atividades necessárias para a produção do produto ou prestação do serviço (Dalci, Tanis & Kosan, 2010). Um sistema TDABC apresenta-se sob a forma de equações de tempo as quais refletem os custos dos diferentes objetos de custo atendendo às particularidades do consumo que estes fazem das várias atividades que caracterizam os processos de produção ou de negócio em análise.

Existem diversos casos de estudo acerca da implementação do modelo TDABC, tendo-se observado diversas das suas vantagens nomeadamente, tratar-se de um modelo de fácil construção, a facilidade de integração com *software* de gestão e a facilidade de obtenção de informações acerca do consumo de recursos pelos objetos de custo (Pernot, Roodhooft & Abbeele, 2007). Através do TDABC é possível estudar a eficácia dos processos ao nível da capacidade disponível *versus* capacidade utilizada. Os autores desta abordagem (Kaplan & Anderson, 2007) advogam que as “*time-equations*” ou equações de custo resultam numa metodologia mais simples e menos onerosa que o ABC tradicional.

Entre outras vantagens, o modelo TDABC permite avaliar o valor acrescentado que determina a existência de cada atividade, simular a operacionalização dos recursos e testar processos de racionalização da capacidade utilizada ou custear o custo do tempo não utilizado. Mas também foram constatadas limitações em alguns casos de estudo nos quais, por exemplo, verificou-se o facto de ter sido necessária uma enorme quantidade de dados para a estimação das equações de tempo (Varila, Seppanem & Suomala, 2007).

O TDABC suporta-se em dois parâmetros fundamentais, o custo por unidade de tempo de capacidade e o tempo necessário para concluir uma atividade (Kaplan, 2007). Os defensores do TDABC apresentam-no como um sistema mais simples, mais acessível do ponto de vista

económico e muito mais poderoso que o sistema ABC, sendo que o sistema TDABC simplifica o processo de custeio, pois elimina as pesquisas e entrevistas típicas de um sistema ABC (Kaplan, 2007).

O modelo TDABC atribui os custos dos recursos diretamente aos objetos de custo (Kaplan, 2007). Assim, em primeiro lugar calculam-se os custos de todos os recursos (equipamentos, pessoal, etc.) dividindo-os pela capacidade, sendo este o tempo em que efetivamente é executado o trabalho. Em segundo lugar, o modelo distribui os custos dos recursos usando a taxa do custo da capacidade, sendo estimada a necessidade de recursos para cada objeto de custo (tipicamente considera-se o tempo como medida dessa capacidade) (Everaert, et al., 2008). De salientar que o modelo exige apenas estimativas de tempo para processar os pedidos dos clientes, não sendo necessários que estes sejam iguais, pois o modelo permite que a estimativa de tempo varie em função das características específicas de cada pedido recorrendo a equações e a variáveis *dummy*.

Em uma análise dos trabalhos publicados acerca da aplicação do TDABC permite compreender de que modo os investigadores associam ABC e TDABC. Basicamente, o último pode ser compreendido como um desenvolvimento do primeiro, i.e. uma versão mais completa e mais sofisticada, como uma extensão ou como um modelo complementar. Por fim, os dois modelos podem ser considerados de forma independente sem qualquer relação entre eles.

O quadro 1 apresenta uma síntese dessa análise evidenciando os autores que consideram que ABC e TDABC são complementares, em que um representa a extensão do outro, autores que analisam o TDABC numa perspetiva crítica e por fim, trabalhos sobre a aplicação do TDABC em que não é estabelecida qualquer relação com o ABC.

TDABC vs ABC	Referências
Complementam-se	Oztaysi, Baysan & Dursun, (2007); Zhang & Yi, (2008); Manalo & Valenzuela-Manalo (2010);
Extensão	Pernot, Roodhooft & Van den Abbeele, (2007); Everaert, Bruggeman & De Creus, (2008); Ratnatunga & Waldmann (2010); Stouthuysen et al, (2010); Kont & Jantson (2011); Somapa, Cools & Dullaert (2012); Sarokolaei, Bahreini & Bezenjani (2013); Sarokolaei et al, (2013)
Fazem uma análise crítica	Cardinaels & Labro, (2007); Wu et al, (2011); Ratnatunga, Tse & Balachandran (2012);
Não é estabelecida relação	Bank & McIlrath, (2009); Demeere, Stouthuysena & Roodhooft (2009); Hoozé & Bruggeman (2010); Öker & Adigüzel (2010); Hajiha & Alishah (2011); Ayvaz & Pehlivanl (2011); Lee & Enzmann (2012); Reddy, Venter & Olivier (2012); Hedman et al, (2013); Vogl, (2013)

Fonte: Santana & Afonso, 2014

Quadro 1: Metodologia ABC e TDABC

De acordo com os resultados dos trabalhos de Oztaysi, Baysan & Dursun, (2007); Zhang & Yi, (2008); Manalo & Valenzuela-Manalo (2010) para utilizar o TDABC é necessário seguir os passos do ABC, ou seja, os critérios que devem ser seguidos passam igualmente pela definição dos recursos dos departamentos e a separação das atividades para posteriormente aplicar a formulação das equações de tempo.

Já Pernot, Roodhooft & Van den Abbeele, (2007); Everaert, Bruggeman & De Creus, (2008); Ratnatunga & Waldmann (2010); Stouthuysen et al, (2010); Kont & Jantson (2011); Somapa, Cools & Dullaert (2012); Sarokolaei, Bahreini & Bezenjani (2013); Sarokolaei et al, (2013), chegaram à conclusão que o TDABC é uma extensão do ABC, ou seja, os passos iniciais da aplicação são iguais diferenciando-se depois ao nível da análise capacidade não utilizada que o TDABC consegue apresentar, e também, porque o TDABC fornece informações mais detalhadas para a tomada de decisão.

Os autores Cardinaels & Labro, (2007); Wu et al, (2011); Ratnatunga, Tse & Balachandran (2012) concluíram que os dois modelos possuem problemas relacionados com a

subjetividade inerente à sua concepção. Por outro lado, o ABC é tido como um sistema muito dispendioso e demorado para implementar e atualizar. Por sua vez, o TDABC há dificuldade em formular as equações de tempo. Portanto, segundo estes autores ambas as abordagens apresentam limitações e ainda não se chegou a uma forma eficiente de distribuição dos custos indiretos.

Bank & McIlrath, (2009); Demeere, Stouthuysena & Roodhooft (2009); Hoozée & Bruggeman (2010); Öker & Adigüzel (2010);); Hajiha & Alishah (2011); Ayvaz & Pehlivanl (2011); Lee & Enzmann (2012); Reddy, Venter & Olivier (2012); Hedman et al, (2013); Vogl, (2013) não evidenciaram ligações entre os modelos ABC e TDABC. Ou seja, nestes casos somente trataram de aplicar o TDABC, tendo concluído que o modelo TDABC é útil para a tomada de decisão nas organizações, resultando num modelo de fácil aplicação e controlo.

Estas pesquisas foram importante para verificar que o TDABC segundo alguns autores utiliza-se em algum momento partes do ABC e também, a forma de tratar os custos é através de equações matemáticas, importante destacar que o ABC matricial também trabalha com equações matemáticas. Estudos futuros poderão ser realizados utilizando o TDABC e ABC Matricial para propor uma nova ferramenta de gestão estratégica de custos.

2.1 ABC Matricial

O ABC Matricial toma como base os trabalhos de Roztocki et al, (1999), Afonso (2002) e Afonso & Paisana (2009). Os primeiros autores utilizaram as matrizes como meras “marcações”, destacando onde os recursos são utilizados pelas atividades e posteriormente quais as atividades aplicadas na produção dos produtos. O modelo ABC Matricial foi desenvolvido em Afonso (2002) e foi aplicado em contexto industrial (Afonso & Paisana, 2009). No ABC matricial aplica-se a multiplicação de matrizes, podendo ser operacionalizado recorrendo a soluções de *software* acessíveis (podendo bastar o recurso a folhas de cálculo). O algoritmo de cálculo no ABC matricial basea-se na multiplicação de matrizes.

Segundo os autores, numa primeira fase, os principais requisitos do modelo são: identificação dos recursos utilizados, definição das atividades relevantes e indutores de custo (de 1º nível) que relacionam recursos e atividades. Numa segunda fase, as condições técnicas de produção e as relações entre as atividades e os objetos de custos (e.g. produtos) devem ser estabelecidas através dos indutores de segundo nível. A informação obtida a partir do modelo pode ser utilizada para diferentes fins, nomeadamente, análise de desempenho das atividades, estratégias de definição de preços, elaboração do orçamento, análise do lucro, etc.

Portanto, no ABC Matricial, há duas etapas principais para a computação dos custos. Em primeiro lugar, os custos são calculados por atividade em função da distribuição de recursos pelas diferentes atividades e utilizam-se para o efeito os indutores de recurso (ou indutores de custo de 1º nível) selecionados. Na segunda etapa, os custos das atividades são alocados aos objetos de custo (e.g. produtos). Esta informação é apresentada em matrizes e as operações de cálculo são operações de multiplicação de matrizes. A multiplicação de duas matrizes A e B requer que o número de colunas de A seja igual ao número de linhas de B, o que é sempre verdade nestes casos. A representação do modelo na forma de matrizes é a que se apresenta a seguir, em que A é uma matriz m por n e x e b são os vetores coluna.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{bmatrix}$$

Figura 1: Cálculo Matricial

No ABC Matricial, a primeira matriz (com $m \times n$ elementos a_{ij}) é uma matriz de coeficientes normalizados em que a soma de cada coluna é igual à unidade. A segunda matriz é um vetor coluna com os custos que pretende-se imputar. Num primeiro momento os elementos $x_1 \dots x_n$ representam os custos dos recursos e numa segunda etapa do modelo mostram os custos imputados às atividades sendo representados por r_j e a_i , respetivamente. Na terceira matriz ou vetor coluna são apresentados os resultados transformando-se os elementos $b_1 \dots b_m$ em a_i e p_k , i.e. calculam-se os custos por atividade ($a_1 \dots a_m$) e depois por produto ($p_1 \dots p_k$). Portanto, o cálculo do custo dos produtos faz-se como no modelo ABC, i.e. primeiro calcula-se o custo das atividades e depois, num segundo momento, o custo dos objetos de custo em função do consumo das atividades.

Na Matriz de Recursos de n linhas (número de recursos), o elemento r_j representa a quantidade total de recursos j . Por outro lado, numa Matriz de Atividades, o elemento a_i , representa o montante dos custos atribuídos à atividade i . A imputação dos recursos (patentes na Matriz de Recursos) às atividades (Matriz de Atividades) faz-se através da Matriz Recurso-Atividade (ou recurso por atividade), onde cada elemento r_{ij} é a proporção de indutor do recurso j que está relacionado com a atividade i , e é o resultado da relação entre a quantidade do indutor de recurso j relacionado com a atividade i e o montante total do indutor de recurso j . Neste caso, a terminologia utilizada é semelhante à utilizada por Babad & Balachandran (1993).

$$\begin{bmatrix} r_{ij} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_i \end{bmatrix}$$

Figura 2: Cálculo da Matriz de Atividades

Na segunda etapa do processo de cálculo, o custo dos objetos de custo será obtido multiplicando-se a Matriz Atividade-Produto pelo vetor coluna com os custos das atividades, apurados no passo anterior (i.e. Matriz de Atividades), conforme se mostra abaixo.

$$\begin{bmatrix} a_{ki} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_k \end{bmatrix}$$

Figura 3: Cálculo da Matriz de Produtos

Na Matriz Atividade-Produto, cada elemento a_{ki} é a proporção da atividade i relacionada com o produto k . Este coeficiente é calculado dividindo-se a quantidade do indutor da atividade i relacionado com o produto k pelo valor total do indutor da atividade i (a_i).

Porém, considerando as propriedades da álgebra linear, a Matriz de Produtos que foi obtida anteriormente em duas fases pode ser obtida em apenas uma etapa, substituindo-se a Matriz de Atividades pela multiplicação entre a Matriz Recurso-Atividade e a Matriz de Recursos, como se mostra abaixo.

$$\begin{bmatrix} a_{ki} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_{ij} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_k \end{bmatrix}$$

Figura 4: Cálculo da Matriz Recurso-Produto

A Matriz Recurso-Atividade tem tantas linhas como as colunas da Matriz Atividade-Produto, portanto as duas primeiras matrizes (que são matrizes de coeficientes) podem ser substituídas por uma nova matriz - a Matriz Recurso-Produto - de k linhas e n colunas. Nesta nova matriz, cada elemento (x_{kj}) representa a quantidade de recurso consumida por cada

processo. Na análise de custos, o problema está centrado na comparação dos benefícios a serem obtidos a partir dos elementos de custo ou despesas havendo particular dificuldade com o tratamento dos custos que não são claramente identificáveis com os departamentos específicos ou centros de custo.

Um modelo matemático é um conjunto de equações ou fórmulas matemáticas que descrevem ou mapeiam os passos de um determinado processo ou operação. Na maioria dos casos, estas equações e sistemas complexos são resolvidas ou manipuladas por computadores (Székely e Trapaga, 1994).

Para Lawrence & Flowerdew (1963) o principal objetivo dos modelos matemáticos aplicados a problemas de natureza econômica é permitir que as decisões de planejamento possam ser realizadas em qualquer uma das soluções do modelo ideal. Estes modelos permitem explorar os efeitos sobre o custo, a produção e os lucros de vários cursos alternativos de ação. Modelos de custos apropriados permitem determinar quais os elementos de custo que mais contribuem para o custo total. Com um modelo de custos adequado é possível determinar as condições que minimizam os custos e procurar soluções de otimização dos custos.

Fiore & Rozwadowski, (1968) chamaram a atenção para os problemas encontrados na formulação e utilização de modelos matemáticos de processos industriais. Neste caso, a técnica de programação linear foi utilizada para ilustrar a simulação do processo de produção. Os autores delinearão os passos para a formulação de um modelo e o que poderia ser conseguido com a sua utilização.

Livingstone (1969) recorre à Álgebra Linear, especificando que há interação ao nível dos custos entre os departamentos de uma empresa, i.e. alocação recíproca de custos, onde, há custos diretos do departamento, e também, alocações de custos de outros departamentos. O autor apresentou algumas extensões das técnicas e mostrou as suas aplicações para o planejamento e tomada de decisão. O modelo foi descrito no âmbito da análise de insumo-produto (*input-output*), que se assume como um modelo geral. Neste contexto, o modelo matricial de alocação de custos é um caso especial do modelo de Leontief (1931). Livingstone (1969) aplicou o modelo de Leontief (1931) e demonstrou e analisou as transações entre atividades econômicas, em que uma atividade pode representar uma indústria, uma empresa, um departamento ou um recurso, sendo que, tentou resolver problemas relacionados com a distribuição dos custos pelos departamentos de serviço e de produção.

Mais tarde, Kaplan (1973) usou matrizes para apresentar problemas típicos relacionados com os custos, o que demonstra que é possível usar eficazmente esta abordagem que torna mais fácil o entendimento da distribuição dos custos e da gestão das alocações de custos aos departamentos e às atividades de uma organização. Particularmente, este estudo investigou e aplicou a alocação recíproca nos departamentos de serviço utilizando um modelo de alocação de custos baseado na álgebra linear (i.e. matrizes).

A partir da década de 80 do século passado surgiram novas aplicações matemáticas no âmbito da gestão de custos. Em seguida apresentam-se algumas dessas contribuições. Itami & Kaplan (1980) realizaram uma abordagem da análise das atividades para o cálculo do custo unitário com vários produtos. Estes autores desenvolveram um modelo para derivar os custos do produto em processos de produção complexos. Utilizaram o modelo input-output de Leontief (1931) e a programação linear para calcular o plano ótimo de produção e os custos marginais associados, mas também para atribuir custos médios aos produtos finais. Itami & Kaplan (1980) concluíram que o modelo tem a vantagem da versatilidade de trabalhar com os custos indiretos, tais como manutenção, horas extras, mão de obra indireta e materiais, os quais são tratados como variáveis do modelo. Assim, segundo eles, estes custos podem ser absorvidos diretamente pelos produtos finais em vez de serem alocados indiretamente e com imputações subjetivas.

Por sua vez, Tijs & Driessen (1986) estudaram os problemas de alocação de custos conjuntos com base em conceitos da teoria dos jogos. Segundo estes autores, a escolha de um

método depende da situação concreta em que tal problema de alocação de custos surge a qual depende das ideias dos participantes com relação à justiça, sentimentos de poder dos participantes, dificuldade de compreensão e cálculo de uma proposta de alocação de custos, e muitos outros fatores. As propriedades podem refletir aspectos éticos, económicos ou políticos. A comparação dos métodos de alocação de custos pode, então, ser baseada em propriedades, que os métodos podem possuir ou incorporar.

Alidaee (1993) apresenta dois algoritmos heurísticos para resolver problemas da gestão de custos, sendo que o primeiro algoritmo baseia-se no diferencial das funções de custo, e o segundo algoritmo é baseado na aproximação dos mínimos quadrados das funções de custo. Decorrentemente, são apresentadas experiências computacionais para os casos das funções de custo quadrática, cúbica e exponenciais. O objetivo do estudo foi desenvolver novas técnicas para o problema geral não-linear. As funções de custo são considerados não-lineares e regulares, ou seja, não-decrescentes. A eficácia dos algoritmos foi empiricamente testada no caso das funções de custo quadrática e exponencial os quais foram comparados com a solução ideal.

Singer & Donoso (2008) apresentam um modelo de otimização para a fabricação de aço, cuja função objetivo depende do custeio baseado em atividades (ABC). As restrições foram a capacidade e o equilíbrio da utilização do material. O modelo foi implementado e validado num fabricante de aço do Chile. Os testes provaram que o modelo é confiável o suficiente para a auxiliar na definição do mix de produtos, e para avaliar os investimentos e as alternativas de abastecimento. A função objetivo do modelo, centrada na maximização dos lucros, depende dos preços de venda que são exógenos e do custo do produto por unidade o qual foi calculado com base no custeio baseado em atividades (ABC). O modelo tem 356 variáveis de decisão e 876 restrições, incluindo não-negatividade. O custo foi estimado pela distribuição do uso dos recursos pelas atividades, e a contribuição das atividades para os produtos finais. De acordo com os testes, o custo unitário obtido com o ABC, apresentou resultados precisos para os gestores da organização e, após a aplicação dos testes concluiu-se que o modelo é válido.

3. Metodologia

Para a elaboração da presente pesquisa, foi realizado um estudo de caso com simulação do ABC Matricial em uma indústria calçadista de Portugal. Foram analisados os relatórios dos controles e gestão dos custos, considerando-se como pesquisa documental. Para Marconi e Lakatos (1996, p. 57) “A característica da pesquisa documental é que a fonte de coleta de dados esta restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que as denomina de fontes primárias”.

A caracterização desta género de pesquisa é quantitativa, por suportar-se numa aplicação matemática com o auxílio de matrizes e da álgebra linear. Beuren et al., (2008, p. 91) enfatizam que a “abordagem quantitativa caracteriza-se pelo emprego de instrumentos estatísticos, tanto na coleta quanto no tratamento dos dados”. Para coletar os dados necessários para aplicação do ABC Matricial foi utilizada a técnica de entrevistas informais (não-estruturadas) com o gestor da organização. Obtiveram-se informações sobre os departamentos, atividades e custos relacionados com os produtos. De seguida, passou-se à elaboração de uma planilha de custos, utilizando o aplicativo Excel como ferramenta de suporte na aplicação do ABC Matricial.

4. Aplicação do ABC Matricial

Para demonstrar a aplicação do ABC Matricial foi realizada uma simulação numa indústria calçadista de Portugal. No caso estudado, a produção é composta por 4 produtos, distribuídos da seguinte forma: **Sapatos Homem:** Clássico (P1) e Básico (P2) e **Sapatos Mulher:** Clássico (P3) e Básico (P4). Possui cinco atividades principais (A1 ... A5), que consomem dez (10) diferentes recursos (R1 ... R10). Os objetos de custo são os 4 produtos (P1, P2, P3, P4) e conforme os relatórios fornecidos, apresentam-se na Tabela 1 as informações referente à produção e ao preço de venda do mês de Março de 2014.

Tabela 1: Produção e Preço de Venda no Mês de Março

Nomenclatura	Sapatos Homem		Sapatos Mulher	
	Clássico - (P1)	Básico - (P2)	Clássico - (P3)	Básico - (P4)
Classificação				
Quantidade Produzida	1.100	2180	780	1.720
Preço de Venda	28,00 €	20,00 €	31,00 €	19,00 €

Fonte: Dados da Pesquisa

Realizou-se um estudo no processo produtivo, verificando o percurso de fabricação, desde a entrada na empresa do material envolvido até a sua saída em forma de produto final, satisfazendo as especificações do processo de produção. No departamento de produção da empresa, os materiais são transformados em produto final através de um processo produtivo único, onde o processo de fabricação de calçado é organizado em setores. O trabalho ocorre em cinco etapas, as quais são: (A1) corte, (A2) pré-costura, (A3) costura, (A4) montagem e (A5) acabamento. Na Tabela 2, encontram-se os recursos destinados no mês em estudo para a fabricação dos produtos. Os dados foram coletados nos relatórios gerenciais disponíveis pela contabilidade da organização.

Tabela 2: Matriz de Recursos

Recursos	Descrição	€
R1	Mão-de-Obra Direta	28.000
R2	Matéria-Prima	63.660
R3	Aluguel	5.000
R4	Água	700
R5	Energia Elétrica	2.300
R6	Depreciação	4.200
R7	Manutenção	450
R8	Mão-de-Obra Indireta	1.100
R9	Material de Expediente	250
R10	Despesas Indiretas	4.500
Total		110.160

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 3: Mão de Obra Direta e Encargos

Atividades	Quant.Func.	Sal. com Enc. €
A1 Corte	3	2.400
A2 Pré-Costura	3	2.400
A3 Costura	13	10.400
A4 Montagem	13	10.400
A5 Embalagem	3	2.400
Total	35	28.000

Fonte: Dados da Pesquisa

Com relação à Mão de Obra Direta, a tabela 3 demonstra quantos funcionários pertencem às atividades relevantes no processo produtivo, verificou-se ainda, o valor referente a salários e encargos pagos aos funcionários. Constatou-se ainda na tabela 3 que as atividades de Costura e Montagem representam as que possuem mais funcionários, a justificativa é que nestas atividades o trabalho de transformação da matéria-prima em produto depende de mais colaboradores e máquinas. Já no quadro 2 apresenta-se a distribuição dos recursos (custos) consumidos dentro do processo de fabricação, destaca-se que esta distribuição foi realizada em conjunto com o gerente de produção responsável pelo processo produtivo.

Recursos	Distribuição	Detalhamento
R 1	Nº de Funcionários	Relacionado ao número de funcionários em cada atividade
R 2	Consumo de MP	Relacionado ao consumo de matéria prima para cada produto, sendo elas: Pele, tecido, sola, palmilha, atacadores, cola, caixas.
R 3, R 4, R 5, R 8, R 9 e R 10	Quant. de atividades	Relacionado a quantidade de atividades principais, a justificativa para a distribuição equivalente as atividades, foi de que todo o processo produtivo é realizado em um galpão industrial, não havendo separação entre departamentos.
R 6	Quant. de Maq. nas atividades	Relacionado à Depreciação, a distribuição foi de acordo com a quantidade de máquinas existentes em cada atividade.
R 7	Quant. de Maq. nas atividades	Manutenção, relacionado a quantidade de máquinas existentes em cada atividade, porém, no mês em estudo houve mais recursos (custos) para a atividade Montagem (A4).

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 2: Indutores de Custos

De acordo com o estudo, verificou-se quais foram as atividades principais encontradas e sua descrição da seguinte forma: **Corte:** Realiza o corte nas peles através da utilização de moldes para cada modelo; **Pré-Costura:** Preparação das peles para posterior utilização na costura; **Costura:** Une as peles provenientes do corte e pré-costura, dando forma ao calçado; **Montagem:** Realiza a união das partes vindas da costura, inclusão da sola, palmilhas e modelação dos calçados; **Embalagem:** Faz o acabamento, lustra e embala o produto.

Após a coleta, descrição das atividades e recursos, foram realizados os coeficientes de matrizes (Recurso-Actividade e Actividade-Produto) que são apresentados nas Tabelas 4 e 5, estes foram construídos com base nos indutores de recursos selecionados através da entrevista com o gerente de produção.

Tabela 4 - Matriz Recurso-Actividade

Atividades	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
A1	0,086	0,350	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
A2	0,086	0,075	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
A3	0,371	0,100	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2
A4	0,371	0,400	0,2	0,2	0,2	0,4	0,6	0,2	0,2	0,2
A5	0,086	0,075	0,2	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0,2

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 5 - Matriz Actividade-Produto

Produtos	A1	A2	A3	A4	A5
P1	0,1903	0,20	0,30	0,30	0,1903
P2	0,1349	0,15	0,20	0,20	0,1349
P3	0,3772	0,35	0,30	0,30	0,3772
P4	0,2976	0,30	0,20	0,20	0,2976

Fonte: Dados da Pesquisa

O driver por atividade foi obtido multiplicando-se o Matriz Recurso-Actividade pela Matriz Recursos. O custo por objeto de custo (Tabela 6) é o resultado da multiplicação da Matriz Atividades pela Matriz Actividades-produto.

Tabela 6 - Matriz Atividade

A1	A2	A3	A4	A5	Total
28.381,00 €	10.409,50 €	20.841,00 €	40.584,00 €	9.944,50 €	110.160,00 €
25,76%	9,45%	18,92%	36,84%	9,03%	100,00%

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 7 - Matriz Produtos

P1	P2	P3	P4
27.802,74 €	19.016,53 €	36.527,20 €	26.813,52 €
25,24 %	17,26 %	33,16 %	24,34%

Fonte: Dados da Pesquisa

Finalmente, a Tabela 8 mostra a Matriz Recursos-Produtos, é o resultado da multiplicação da Matriz Actividade-Produto pelo Matriz Recurso-Actividade.

Tabela 8 - Matriz Recursos-Produtos

Prod./Rec.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
P1	0,273	0,2458	0,2361	0,2361	0,2361	0,2680	0,2680	0,2361	0,2361	0,2361
P2	0,185	0,1685	0,1639	0,1639	0,1639	0,1819	0,1819	0,1639	0,1639	0,1639
P3	0,318	0,3365	0,3408	0,3408	0,3408	0,3204	0,3204	0,3408	0,3408	0,3408
P4	0,225	0,2489	0,2590	0,2590	0,2590	0,2295	0,2295	0,2590	0,2590	0,2590

Fonte: Dados da Pesquisa

A grande vantagem da aplicação do ABC Matricial é que simplifica o processo de controle, ou seja, realizando a multiplicação das matrizes Recursos-Produtos com a Matriz Atividades-Produtos o resultado será uma nova matriz, a matriz Recursos/Produtos e esta por sua vez apresentam-se os índices reais aplicáveis na distribuição dos custos. Todo o processo apresentado inicialmente foi para demonstrar os passos para a realização da tabela 8, por sua vez, não seria necessário este processo, visto que, a empresa mantendo seus controles “drivers” poderá aplicar diretamente as matrizes. Caso ocorram mudanças nos “drivers”, a empresa simplesmente alterará estes, que por sua vez todo o processo será alterado diretamente, claro, utilizando sistemas de informações, como por exemplo, o Excel.

Conclusão

Para o desenvolvimento e aplicação do ABC Matricial, onde a proposta foi apresentar um algoritmo de controle, a pesquisa teve como base os estudos de Livingstone (1969), Kaplan (1973), Roztockí et al, (1999) e Afonso & Paisana (2009), as contribuições foram nas aplicações das matrizes e vinculação de alocação de custos e álgebra linear.

Os resultados apresentados para encontrar o algoritmo ABC Matricial, apresenta-se em termos conceituais a ligação entre as atividades, recursos e produtos através de um processo bem definido. Segundo Afonso e Paisana (2009) e de acordo com a pesquisa realizada, verifica-se que o uso de um algoritmo para a ABC com base na multiplicação de matrizes tem várias vantagens, ou seja, a) permite que os custos de cada atividade a ser fácil e precisamente identificados e b) é flexível em termos de ajustes potenciais que podem precisar ser apresentado como um resultado de mudanças nos processos de produção. c) Este algoritmo pode ser aplicado facilmente utilizando-se apenas uma folha de cálculo, não sendo necessário recorrer a *softwares* específicos, que normalmente são bastante dispendiosos e complexos, portanto, uma vantagem competitiva para as PME's. Porém, é importante ressaltar que em uma organização que possua diversos grupos de custos, atividades e produtos, será necessário desenvolver uma solução com auxílio de um *software*. A metodologia abordada no presente trabalho procurou demonstrar como uma aplicação do ABC Matricial pode contribuir para melhorar a mensuração dos custos totais, e a partir daí os custos indiretos e unitários médios de suas diversas atividades. Trata-se de um estudo simplificado, porém, abre a perspectiva de formulação de um modelo mais robusto, fundamentado nas premissas ora propostas.

O algoritmo apresentado aqui é uma boa ferramenta para *designers* de *software* que pretendem criar soluções eficazes e eficientes para a tomada de decisão e sistemas de custeio. Mais pesquisas são esperadas para desenvolver este algoritmo e explorar o seu potencial. Sugere-se a aplicação do ABC Matricial em indústria que possuem diversas atividades, diversos produtos e consomem diversos recursos.

Referências

AFONSO, P. (2002). “Sistemas de custeio no âmbito da contabilidade de custos: O custeio baseado nas atividades, um modelo e uma metodologia de implementação”, Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia Industrial, Universidade do Minho.

AFONSO, P. S., & PAISANA, a. M. (2009). An algorithm for activity based costing based on matrix multiplication. *IEEE Internat. Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 920–924.

ALIDAEI, B. (1993). Numerical Methods for Single Machine Scheduling with Non-linear Cost Functions to Minimize Total Cost. *The Journal of the Operational Research Society*, 44(2), 125–132.

APPELBAUM, Eileen, BAILEY, Thomas, BERG, Peter, KALLEBERG, Arne L. (2001). Do high performance work systems pay off?, in Steven Vallas (ed.) *The Transformation of Work (Research in the Sociology of Work, Vol. 10)* Emerald Group Publishing Limited, pp.85–100.

- AYVAZ, E. & PEHLIVANL, P. (2011). The Use of Time Driven Activity Based Costing and Analytic Hierarchy Process Method in the Balanced Scorecard Implementation. *International Journal of Business and Management*, 6(3), 146–158.
- BABAD, Y. M. & BALACHANDRAN, B. V., (1993). Cost driver optimization in activity-based costing, *The Accounting Review*, July, 563–575.
- BANK, D. E. MCILRATH . (2009). Utilizing Time-Driven Activity Based Costing in the Emergency Department. *Annals of Emergency Medicine*, 54 (3), Supplement, p. S5.
- BEUREN, Ilse Maria, et al. (2008). *Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade*. 3 ed. São Paulo: ed. Atlas, 2008.
- CAMPOS, Gerlane F.de O.; FIGUEIRÊDO JR., Hugo S. de. Aplicação do método de custeio ABC direcionado pelo tempo (TDABC) como apoio à gestão de um estaleiro naval . In: XVI Congresso Brasileiro De Custos, 16, 2009, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ABC, 2009.
- CARDINAELS, E., & LABRO, E. (2008). On the Determinants of Measurement Error in Time-Driven Costing. *The Accounting Review*, 83(3), 735–756.
- CHURCHILL, N. (1964). Linear Algebra and Cost Allocations : Some Examples. *The Accounting Review*, 39(4), 894–904.
- DALCI, I.; TANIS, V. & KOSAN, L. (2010). "Customer profitability analysis with time-driven activity-based costing: a case study in a hotel", *Internat. Journal of Contemp. Hospitality Manag.*, Vol. 22 (5), pp.609 – 637.
- DEMEERE, N., STOUTHUYSEN K. & ROODHOOFT, F. (2009). Time-driven activity-based costing in an outpatient clinic environment: Development, relevance and managerial impact. *Health Policy* 92, pp. 296–304.
- EVERAERT, P., BRUGGEMAN & DE CREUS, G. (2008). Sanac Inc.: From ABC to time-driven ABC (TDABC) - An Instructional case. *Journal of Accounting Education* 26, 118-154.
- FIORE, C. F., & ROZWADOWSKI, R. T. (1968). The Implementation of Process Models. *Management Science*, 14(6), B360–B372.
- HAJIHA, Z. & ALISHAH, S. S. (2011). Implementation of TDABC System and Customer Profitability analysis in the Hospitality Industry: Evidence from Iran. *Economics and Finance Review*, 1(8), 57–67.
- HEDMAN, R., SUNDKVIST, R., ALMSTRÖM, P., & KINNANDER, A. (2013). Object-oriented Modeling of Manufacturing Resources Using Work Study Inputs. *Procedia CIRP*, 7, 443–448.
- HOMBURG, C. (2001). A Note on Optimal Cost Driver Selection in ABC, *Management Accounting Research*, Vol. 12, pp. 197-205
- HOOZÉE, S., & BRUGGEMAN, W. (2010). Identifying operational improvements during the design process of a time-driven ABC system: The role of collective worker participation and leadership style. *Management Accounting Research*, 21, 185–198.
- INNES, J. & MITCHELL, F. E YOSHIKAWA T. *Activity costing for engineers*. Somerset, Research studies press, 1994.
- ITAMI, H., & KAPLAN, R. S. (1980). An Activity Analysis Approach to Unit Costing with Multiple Interactive Products. *Management Science*, 26(8), 826–839.
- KAPLAN, R. S., & THOMPSON, G. L. (1971). Overhead Allocation via Mathematical Programming Models. *The Accounting Review*, 46(2), 352–364.
- KAPLAN, R. S. (1973). "Variable and Self-Service Costs in Reciprocal Allocation Models", *The Accounting Review*, vol. 48, no. 4, pp. 738–748.

- ____ (1984). Yesterday's Accounting Undermines Prod., *Harvard Business Review*, July/August, pp. 133-139.
- ____ (1990). "The Four Stage Model of Cost Systems Design", *Manag. Accounting*, vol. 71, n.º 8, pp. 22-26.
- KAPLAN, R. S. & ANDERSON S. R. (2004). "Time-Driven Activity-Based Costing." *Harvard Business Review* 82, no. 11, 131–138.
- ____(2007). Time-Driven Activity-Based Costing: A Simpler and More Powerful Path to Higher Profits.
- KONT, K., & JANTSON, S. (2011). Activity-Based Costing (ABC) and Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC): Applicable Methods for University Libraries? *Evidence Based Livrary and Information Practice*, 6(4), 107–119.
- LANGHOLM, O. (1965). Cost Structure and Costing Method: An Empirical Study. *Journal of Accounting Research*, 3(2), 218–227.
- LAWRENCE, J. R., & FLOWERDEW, A. D. J. (1963). Economic Models for Production Planning. *Operational Research Society*, 14(1), 11–29.
- LEE, C. I., & ENZMANN, D. R. (2012). Measuring radiology's value in time saved. *Journal of the American College of Radiology : JACR*, 9(10), 713–7.
- LEONTIEF, W. Input-Output Analysis. in Eatwell, J., M. Milgate, & P. Newman (eds.). (1987). *The New Palgrave. A Dictionary of Economics*, vol. 2., pp.860-64.
- LIVINGSTONE, J. L. (1969). Input-Output Analysis for Cost Accounting, Planning and Control. *The Accounting Review*, vol. 44, n 1, pp. 48–64.
- MANALO, R. G. & VALENZUELA-MANALO M. D. (2010). Standard Activity Measurement Plan. *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) – Macau*. 2470 - 2474.
- MARCONI, Marina de A; Lakatos, Eva M. (1996). *Técnicas de Pesquisa*. 3. ed. São Paulo: Ed. Atlas.
- MILLER, J. G., VOLLMAN, T.E. (1985). "The Hidden Factory". *Harvard Business Review*, vol. 63, n.º 5, pp. 142-150.
- NESS, J. & CUCUZZA, T. G. (1995). Tapping the full potential of ABC. *Harvard Business Review*, vol. 95, pp. 130-138.
- ÖKER, F. & ADIGÜZEL, H. (2010). Time-Driven Activity-Based Costing: An Implementation in a Manufacturing Company. *The Journal of Corporate Accounting & Finance*, 75–92.
- OZTAYSI, B., BAYSAN, S., & DURSUN, P. (2007). A Novel Approach for Economic-Justification of RFID Technology in Courier Sector: A Real-Life Case Study. *1st Annual RFID Eurasia*, 1–5.
- PEHRSSON, L., AMOS H.C., & STOCKTON, D. (2013). Industrial cost modelling and multi-objective optimisation for decision support in prod. systems development. *Computers & Indust. Eng.*, 66(4), 1036–1048.
- PERNOT, E., ROODHOOFT, F., & VAN DEN ABBEELE, A.(2007). Time-Driven Activity Based Costing for Inter-Library Services: A Case Study in a University. *The Journal of Academic Librarianship*, 33(5), 551–560.
- RATNATUNGA, J., TSE, M. S. C., & BALACHANDRAN, K. R. (2012).Cost Management in Sri Lanka: A Case Study on Volume,Activity and Time as Cost Drivers.*The Internat. Journal of Accounting*,47(3),281–301.
- RATNATUNGA, J., & WALDMANN, E. (2010). Transparent Costing: Has the emperor got clothes? *Accounting Forum*, 34, 196–210.
- REDDY, K., VENTER, H. S., & OLIVIER, M. S. (2012). Using time-driven activity-based costing to manage digital forensic readiness in large organisations. *Information Systems Frontiers*, 14, 1061–1077.

- ROZTOCKI, N., VALENZUELA, PORTER, J., THOMAS, R., & NEEDY, K. (1999). "A Procedure for the Smooth Implementation of Activity Based Costing in Small Companies" in *Proc.American Soc. for Eng. Management.*, pp. 279-288.
- SAMUELS, J. M. (1965). Opportunity Costing: An Application of Mathematical Programming. *Journal of Accounting Research*, 3(2), 182–191.
- SANTANA, A. F. B. ; AFONSO, P. S. L. P. ; ROCHA, A. M. (2014). Activity Based Costing and Time-Driven Activity Based Costing: Towards an Integrated Approach. In: ICOPEV - 2nd International Conference on Project Evaluation, Guimarães/PT.
- SAROKOLAEI, M. A., BAHREINI, M., & BEZENJANI, F. P. (2013). Fuzzy Performance Focused Activity based Costing (PFABC). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 75, 346–352.
- SAROKOLAEI, M. A., SAVIZ, M., MORADLOO, M. F., & DAHAJ, N. S. (2013). Time Driven Activity based Costing by Using Fuzzy Logics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 75, 338–345.
- SHAMBLIN, J. E & STEVENS Jr. G. T. (1979). *Pesquisa Operacional*. São Paulo: Atlas.
- SINGER, M., & DONOSO, P. (2008). Empirical validation of an activity-based optimization system. *International Journal of Production Economics*, 113, 335–345.
- SOMAPA, S., COOLS, M., & DULLAERT, W. (2012). Unlocking the potential of time-driven activity-based costing for small logistics companies. *Inter. Journal of Logistics Research and Applications*, 15(5), 303–322.
- SPRINKLE, G. (2003). Perspectives on experimental research in managerial accounting. *Accounting Organization and Society*. Vol.28, p.287-318.
- STOUTHUYSEN, K., SWIGGERS, M., REHEUL, A.M., & ROODHOOFT, F. (2010). Time-driven activity-based costing for a library acquisition process: A case study in a Belgian University. *Library Collections, Acquisitions, and Technical Services*, 34, 83–91.
- SWENSON, D. (1995), "The benefits of activity-based Cost Management to the manufacturing industry", *Journal of Management Accounting Research*, vol. 7, pp. 167-180.
- SZÉKELY, J. & TRAPAGA, G. (1994). Some perspectives on the mathematical modelling of materials processing operations. *Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.* 2; 809.
- TIJS, S. H., & DRIESSEN, T. S. H. (1986). Game Theory and Cost Allocation Problems. *Management Science*, 32(8), 1015–1028.
- TIPPETT, Donald. (1993). "Activity-based costing: a manufacturing Management Decision-aid", *Engineering Management Journal*, vol. 5, n.º 2; pp. 37-42.
- TSAI, W. (1996). "Activity-Based Costing Model for Joint Products", *National Central University*, Taiwan.
- TURNEY, PETER B. B. *Activity Based Costing - The Performance Breakthrough*, Kogan Page, Londres, 1996.
- VARILA, M.; SEPPANEM, M. & SUOMALA, (2007). Detailed cost modeling: a case study in warehouse logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. v. 37. pp.184 - 200.
- VOGL, M. (2013). Improving patient-level costing in the English and the German "DRG" system. *Health Policy*, 109(3), 290–300.
- WILLIAMS, Thomas H. & GRIFFIN, Charles H. (1964). Matrix Theory and Cost Allocation. *The Accounting Review*, 39(3), 671–678.
- WU, X., WANG, Y., YUE, D., & SUN, Z. (2011). Modeling and error analysis of Time-Driven Activity-Based Costing. *IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 401–405.
- ZHANG, X., & YI, H. (2013). The Analysis of Logistics Cost Based on Time-Driven ABC and TOC. *IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1631–1635.