

Equações de custos para modelação de custos: aplicação do ABC Matricial

Costs equations for cost modeling: application of ABC Matrix

Alex Fabiano Bertollo Santana¹ - Universidade do Minho - Guimarães/Portugal - Dep. de Produção e Sistemas
Hyggor Silva Medeiros² - Universidade do Minho - Guimarães/Portugal - Dep. de Produção e Sistemas
Levi da Silva Guimarães³ - Universidade do Minho - Guimarães/Portugal - Dep. de Produção e Sistemas
Jair Antonio Fagundes⁴ - Sim Contabilidade - Dep. de Contabilidade
Jeferson de Araujo Funchal⁵ - Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Porto Alegre

RESUMO O presente artigo tem como objetivo principal realizar uma aplicação do modelo ABC Matricial. Uma ferramenta de gestão onde desenvolve-se a modelação dos processos e das atividades. 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. Como metodologia de pesquisa, classifica-se como um estudo de caso utilizando a simulação de dados para validação do modelo. Como conclusão da pesquisa, o algoritmo apresentado é um 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 controle do custos dos produtos.

Palavras-chave Equações de Custos. Modelação de Custos. ABC Matricial.

ABSTRACT *This article aimed at providing an application of the ABC Matrix model - a management tool that models processes and activities. The ABC Matrix is based on matrix multiplication, using a fast algorithm for the development of costing systems and the subsequent translation of the costs in cost equations and systems. The research methodology is classified as a case study, using the simulation data to validate the model. The conclusion of the research is that the algorithm presented is an important development, because it is an effective approach to calculating the product cost and because it provides simple and flexible algorithm design software for controlling the cost of products.*

Keywords *Costs equations. Cost Modeling. ABC Matrix.*

1. Campus Azurém, 4800-058, Guimarães-Portugal, afbsantana@hotmail.com
2. hyggor_medeiros@hotmail.com
3. levisguimara@hotmail.com
4. jair_fagundes@hotmail.com
5. jeferson.funchal@poa.ifrs.edu.br

SANTANA, A. F. B.; MEDEIROS, H. S.; GUIMARÃES, L. S.; FAGUNDES, J. A.; FUNCHAL, J. A. Equações de custos para modelação de custos: aplicação do ABC Matricial. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 11, nº 1, jan-mar/2016, p. 197-215.

DOI: 10.15675/gepros.v11i1.1292

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a relevância da contabilidade de custos e das práticas de gestão de custos tem sido uma questão importante para acadêmicos (SHIELDS, 1997) e para as empresas. A gestão de custos constitui um tema muito referido na literatura acerca da contabilidade de gestão; porém, a procura de contribuições acadêmicas permanece elevada (CHENHALL, 2003). Por outro lado, como Shields (1997) salienta, muito do trabalho produzido e das novas contribuições sobre as práticas de gestão de custos não tem sido devidamente suportado em termos teóricos ou através de modelos que permitam uma análise empírica rigorosa e uma correta validação dos conceitos e das ferramentas sugeridas.

As atividades de gestão, controle 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) sendo que o tratamento dos custos indiretos é particularmente exigente. 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).

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 controle; 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 (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).

De fato, os sistemas de gestão de custos assumem uma relevância estratégica em muitas situações (particularmente em organizações complexas, nas empresas de serviços, nos serviços públicos, otimização e gestão dos processos produtivos e de negócio, etc.). Portanto, a realização de investigação aplicada é fundamental para implementação de soluções caracterizadas por elevados níveis de eficácia e de eficiência e com um efetivo impacto na capacidade competitiva das empresas.

Os modelos baseados em 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. 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 se caracterize por elevados níveis de eficácia e eficiência.

Portanto, o principal objetivo do trabalho é a aplicação de uma modelação dos custos utilizando a álgebra linear, o ABC Matricial desenvolvido por Roztock *et al.* (1999) e posteriormente adaptado por Afonso e Paisana (2009) para proporcionar uma contribuição para os problemas empresariais no sentido de propor soluções capazes de amenizar as incertezas das decisões que irão ser tomadas. O objetivo dos modelos matemáticos é a simulação das situações reais na empresa, voltado principalmente para a solução de problemas inerentes a tomada de decisão.

Nas próximas seções explica-se os principais conceitos do sistema ABC Matricial e o algoritmo baseado na multiplicação de matriz. Finalmente, algumas conclusões e as oportunidades para futuras pesquisas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Gestão estratégica de custos

A Gestão estratégica de custos é definida como o uso de técnicas de gestão de custos para desenvolver a posição estratégica de uma empresa (APAK *et al.*, 2012). GEC pode ser explicado como um conjunto coerente de sistemas de gestão de custos utilizados para a gestão de ambas as vantagens financeiras e competitivas.

A GEC significa alinhar os custos com os objetivos e com a orientação estratégica da organização servindo de suporte à tomada de decisão, assumindo um papel decisivo nas organizações modernas. Um sistema de gestão estratégica de custos deve gerar informações que permitam o planejamento e o controle de custos, a avaliação de desempenho dos recursos e das atividades, uma análise de rentabilidade dos objetos de custos relevantes, a correta definição dos objetivos estratégicos a produção de informações confiáveis e em tempo oportuno.

Dentre as estratégias atuais de GEC, o ABC surge como um método eficaz no tratamento dos custos indiretos, segundo Perez Junior *et al.* (2010), surgiu para superar as dificuldades provocadas pelos antigos critérios de rateio dos custos indiretos, busca diminuir as distorções na apuração dos custos aos produtos.

O ABC é um modelo de custos que direciona e oferece métodos para as decisões administrativas, controle de atividades e investimentos; exclui incoerências provocadas pelo rateio indiscriminado dos custos indiretos de fabricação; possibilitando avaliar com precisão as atividades desenvolvidas em uma empresa, utilizando *drivers* para atribuir os gastos indiretos de uma forma mais realista aos produtos e serviços (DUBOIS; KULPA; SOUZA, 2009, p. 158).

2.2. Activity Based Costing - ABC

O ABC é considerado como um sistema de custeio normal por pesquisadores, acadêmicos, bem como profissionais de contabilidade. É um sistema de cálculo de custos mais moderno que pode usar separadamente ou ser integrado com o sistema atual para fornecer informações adequadas e confiáveis para a tomada de decisão (HUYNH *et al.*, 2013). É uma metodologia particularmente adequada para lidar com sistemas de fabricação complexos e diversificados (AFONSO; 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 conceção de novos produtos (INNES; MITCHELL, 1998).

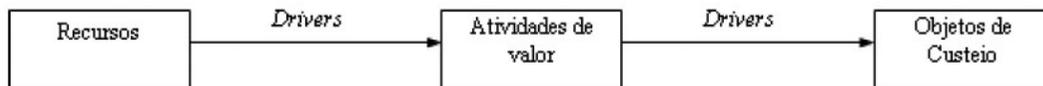
No que concerne ao mix de produção, o ABC permite medir o custo e o desempenho das atividades e dos objetos de custo. Nesse sentido, baseia-se em três premissas básicas: os produtos requerem atividades, as atividades consomem recursos e os recursos custam dinheiro (AFONSO, 2002). Conceitualmente Kaplan (1984) sintetiza estas premissas como: 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), complementa que a idéia primordial do ABC é entender o comportamento dos custos existentes nas atividades da empresa, encontrando bases (chamados de *drivers* de custos) que representam a relação existente entre produtos e atividades. O método torna possível que os custos indiretos e de apoio sejam direcionados primeiramente as atividades e processos da empresa, e posteriormente aos produtos, serviços e clientes (BORNIA, 2009).

Para realizar a implantação do ABC, é necessário um estudo aprofundado nos *drivers* de custo, que são utilizados para determinar em que proporções os custos das atividades serão aplicados aos produtos. Segundo Oliveira e Perez Júnior (2000), são determinados por fases de implantação que consideram: (I) identificação das atividades, (II) atribuição dos custos por atividade, (III) identificação de *drivers* de custos e de atividades e (IV) atribuição dos custos aos produtos ou departamentos.

Innes *et al.* (1994) destaca quatro importantes passos para o desenvolvimento de um sistema de custeio ABC: (1) identificação das atividades no negócio que são influenciadas mais precisamente pelo volume de “transações” do que pelo volume final de saída; (2) identificação e atribuição dos recursos consumidos nestas atividades, cujos custos podem ser apurados; (3) seleção dos *drivers* de custos para cada atividade e estabelecimento de um sistema de coleta de dados dos volumes de *drivers* de custos e (4) aplicação dos *drivers* de custos às linhas de produtos para gerar informações de custos dos produtos.

Figura 1 – Esquematização da metodologia de custeio ABC.



Fonte: Innes *et al.*, (1994).

Conforme Figura 1, ao utilizar o método de custeio ABC, é necessário primeiramente verificar quais os recursos necessários e utilizados na organização. Após, de maneira mais coerente encontrar quais são os *drivers* de primeiro estágio que alocam as despesas das áreas funcionais (departamentos administrativos, produção, engenharia, qualidade e outras) para as atividades que por aí transitam, com o objetivo de calcular o custo de cada atividade. Os *drivers* de segundo estágio alocam os custos das atividades para os objetos de custos, que podem ser produtos, serviços ou clientes. Utilizando *drivers* de custos específicos para cada atividade, o ABC permite calcular com boa precisão a quantidade de recursos que são consumidos por cada produto.

Entretanto, 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). Kaplan e 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.

Khozein e Dankoob (2011) realizaram uma pesquisa descrevendo alguns pontos importantes com relação aos problemas do método de custeio ABC, as razões podem ser classificadas em cinco grupos incluindo os motivos de dissuasão, fraqueza técnica, a negação dos usuários, obstáculos organizacionais e outros. As razões de dissuasão são os mais comuns e significativas. Fraqueza técnica é devido a fatores resultantes da natureza do sistema baseado em atividades. Também deve-se notar que, por algum motivo, os usuários podem negar o seu uso, e há alguns obstáculos nas organizações como as características das entidades podem influenciar no fracasso da implementação do sistema. Moisello (2012), apresenta três variáveis para a implementação do modelo ABC, sendo eles, a capacidade de implementar inovações, a liderança dos que executam o projeto, bem como o comportamento das pessoas dentro da organização. A capacidade de operacionalizar inovações depende da cultura organizacional e estrutura, que por sua vez está fortemente ligada à orientação estratégica da empresa.

Devido aos problemas relacionados ao modelo ABC, os autores Afonso e Paisana (2009) desenvolveram o ABC Matricial, uma ferramenta gerencial que utiliza a Álgebra Linear, demonstrando que é possível através deste método aplicá-lo de uma forma mais rápida e eficiente.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a elaboração da presente pesquisa, foi realizado um estudo de caso com simulação do ABC Matricial. Foram analisados os relatórios dos controles e gestão dos custos, considerando-se como pesquisa documental. Para Marconi e Lakatos (1996) 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 da pesquisa é quantitativa, por realizar uma aplicação matemática com o auxílio de matrizes, álgebra linear. Beuren *et al.* (2008) enfatiza 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. Com isso, obteve-se informações sobre os departamentos, atividades e custos relacionados aos produtos. Em seguida, passou-se à elaboração de uma planilha de custos, utilizando o aplicativo Excel como ferramenta de suporte na aplicação do ABC Matricial.

4. ABC MATRICIAL

Tomando como base de estudo, os trabalhos de Roztocki *et al.*, (1999) e Afonso e Paisana (2009), o ABC Matricial utilizado pelos primeiros autores foi desenvolvido utilizando “marcações” como primeira etapa, ou seja, destacando onde os recursos são utilizados pelas atividades e posteriormente as atividades nos produtos. Já Afonso e Paisana (2009) modificaram o modelo, substituindo as marcações por indicadores. Aplicou-se a multiplicação de matrizes, apresentando uma medida em que é fácil (uma planilha simplesmente pode ser suficiente) e barato (que tem baixa instrumento de implementação e custos de manutenção) para a tomada de decisões, apresentando um algoritmo para o ABC baseado na multiplicação de matrizes.

Segundo os autores, na primeira fase, os principais requisitos são a identificação dos recursos utilizados, as atividades realizadas e os *drivers* de custo. Numa segunda fase, as condições técnicas de produção e as relações entre os vários elementos do modelo precisa ser definido. A informação obtida a partir do modelo pode ser utilizadas para fins diferentes, ou seja, análise de desempenho das atividades, estratégias de preços, o orçamento, o lucro análise, etc.

De acordo com Roztocki *et al.*, (1999) parte-se de que os dados relativos aos recursos, atividades e objetos de custo factores de custo podem ser apresentadas conforme as tabelas abaixo.

Tabela 1 – Matriz Recursos-Atividades.

	Rec. 1	Rec. 2	Rec. 3	Rec. N
Activ. 1	✓		✓	
Activ. 2	✓	✓		✓
....				
Activ. m		✓		

Fonte: Roztocki *et al.*, (1999).

Tabela 2 – Matriz Atividades-Produtos.

	Activ. 1	Activ.2	Activ. 3	Activ. N
Prod. 1	✓		✓	
Prod. 2	✓	✓		✓
....				
Prod. m		✓		

Fonte: Roztocki *et al.*, (1999).

Símbolo ✓ significa que existe uma relação entre o recurso e a atividade (Tabela 1) e entre essa atividade e o produto (Tabela 2). Por exemplo, na Matriz Recurso-Atividade, um recurso é utilizado nas atividades 1 e 2, ao passo que apenas 3 dos recursos é usado no primeiro atividade. Nestas matrizes, os símbolos podem ser substituídos por percentual dos recursos / atividades e em última análise, pelo valor imputado (AFONSO; PAISANA, 2009).

O modelo ABC matricial destaca os recursos, atividades, *drivers* de custo e objetos de custo, representados na matriz Recurso-Atividade e matriz Atividade-Produto. Para realizar a implantação do modelo, Roztocki *et al.*, (1999), descreve os oito passos fundamentais, que são:

- 1º Coleta de toda informação sobre os recursos necessários;
- 2º Identificação das atividades principais;
- 3º Construção da matriz Recurso-Atividade, que implica perceber a relação existente entre eles, ou seja, que tipo de recursos é que cada atividade consome. Conforme a Tabela 1, verifica-se que a atividade 1 consome os recursos 1 e 3.
- 4º Determinar os coeficientes dos *drivers* de recurso e representação percentual na matriz Recurso-Atividade, ou seja, o peso dos recursos em cada uma das atividades (Σ de cada coluna = 1);
- 5º Obtenção da matriz Atividade, onde consta o custo de cada atividade (multiplicação da matriz recurso - atividade pela matriz de recursos);
- 6º Desenvolvimento da matriz Atividade-Produto, ou seja, as atividades que são consumidas por cada produto/serviço. Na análise da Tabela 2, verifica-se que o produto 1 consome as atividades 1 e 3;
- 7º Definir os coeficientes dos *drivers* de atividade e representar a relação percentual da atividade com o produto na matriz Atividade-Produto;
- 8º Determinação da matriz Produto (multiplicação da matriz Atividade- Produto/serviço pela matriz Atividade), indicando o valor de custo de cada produto.

De acordo com as tabelas, produtos e serviços consomem atividades. Estas, por sua vez, consomem custos. Sendo assim, é mister construir matriz de atividades, uma vez que é lógico que atividades também consomem atividades. Estudos relacionados usando álgebra linear, matrizes e equações matemáticas para auxiliar a gestão de custos já foram desenvolvidos, por exemplo, Churchill (1964), Kaplan e Thompson (1971), Langholm (1965), Samuels (1965), Williams e Griffin (1964), e tais modelos foram desenvolvidos para tentar resolver problemas tradicionais na contabilidade de custos relacionados com a alocação de custos aos departamentos, serviços e produtos. O objetivo de modelos matemáticos é simular situações reais na empresa focada principalmente na resolução de problemas inerentes à tomada de decisão.

A álgebra linear é um método adequado para a manipulação de grandes quantidades de dados, permitindo a resolução de conjuntos de equações lineares. Estas equações podem ser expressos na forma de uma matriz, pode-se dizer que dois vetores ou duas matrizes são iguais, se cada um dos componentes de um deles é igual ao elemento correspondente do outro (SHAMBLIN; STEVENS, 1979).

Para as equações de custos no modelo ABC Matricial, há duas etapas principais para a computação os custos. Em primeiro lugar, os custos são calculados por atividade em função da distribuição de recursos pelas diferentes atividades utilizando os *drivers* de recursos selecionados. Na segunda etapa os custos de atividade são alocados aos objetos de custo (produtos). As Tabelas 1 e 2 podem ser convertidas em matrizes e as operações entre eles são operações de multiplicação de matrizes. A multiplicação de duas matrizes A e B requer que o número de colunas de A ser igual ao número de linhas de B, o que sempre é aplicável neste caso. A representação na forma de matriz, em que A é a matriz de m por n equações e X e B são as colunas vetores, conforme a Equação 1.

Equação 1 – Representação em matriz.

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

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

a) O cálculo dos custos por atividade

Em uma Matriz de Recursos de n linhas (número de recursos), o elemento r_j representa a quantidade total de recursos j. Por outro lado, conforme a Equação 2, numa Matriz Atividades, o elemento a_i representa o montante dos custos atribuídos à atividade i.

Equação 2 – Cálculo da Matriz Atividade.

$$\begin{bmatrix} r_{ij} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_i \end{bmatrix} \quad (2)$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Na Matriz Recursos-Atividade (ou recurso por atividade), cada elemento r_{ij} é a proporção de *driver* do recurso j que está relacionado com a atividade i, e é o resultado da relação entre o *driver* recurso j relacionados com a atividade i (r_{ij}) e o montante total do *driver* recurso j (r_j). Neste caso, a terminologia utilizada é semelhante ao utilizado por Babad e Balachandran (1993). Se,

$$r_{ij} = \frac{\overline{r_{ij}}}{r_j} \quad (3)$$

Então, o custo imputado a cada atividade será obtida por:

$$a_i = \sum_{j=1}^n r_{ij} \times r_j \quad (4)$$

Os custos por objeto de custo será obtida multiplicando-se a Matriz Atividade-produto o vetor coluna dos custos da atividade, conforme mostrado na Equação 5.

Equação 5 – O cálculo da Matriz Produto.

$$\begin{bmatrix} a_{ki} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_k \end{bmatrix} \quad (5)$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Na matriz de atividade-produto, cada elemento a_{ki} é a proporção para o *driver* atividade relacionada com o produto k. É calculado dividindo-se o *driver* atividade de i relacionado com k produto (\bar{a}_{ki}) pelo valor total do *driver* atividade i (a_i). Se,

$$a_{ki} = \frac{\bar{a}_{ki}}{a_i} \quad (6)$$

b) Então, o custo imputado a cada produto será:

$$p_k = \sum_{i=1}^m a_{ki} \times a_i \quad (7)$$

c) A Matriz Recurso-Produto

A matriz de produto que foi obtida anteriormente em duas fases pode ser obtida em apenas uma etapa, substituindo a Matriz Atividade pela multiplicação da Matriz de Recursos-Atividade pela Matriz de Recursos, como mostrado na Equação 8.

Equação 8 – O cálculo da Matriz Recurso-Produto.

$$\begin{bmatrix} a_{ki} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_{ij} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_k \end{bmatrix} \quad (8)$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Porque a Matriz Recurso-Atividade tem tantas linhas como as colunas da matriz atividade de produtos, as duas primeiras matrizes (coeficientes matrizes) pode ser substituída por uma nova matriz – a Matriz de Recurso-produto – de k linhas e n colunas. Nesta nova matriz, cada elemento (x_{kj}) representa a quantidade de recurso consumido por cada produto, o que reflete o fato de que, numa primeira fase, os recursos relacionados com a atividade e só depois de produtos; x_{kj} é a proporção de recursos j que foi distribuído pelas diferentes atividades, as quais por sua vez contribuem para o custo do produto k .

Equação 9 – Matriz Recurso-Produto.

$$\begin{bmatrix} X_{kj} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_k \end{bmatrix} \quad (9)$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Sendo que:

$$X_{kj} = \sum_{i=1}^m a_{ki} \times r_{ij} \quad (10)$$

p_k pode ser reescrita como:

$$p_k = \sum_{j=1}^n x_{kj} \times r_j \quad (11)$$

Em seguida, através da substituição de x_{kj} na equação anterior p_k torna-se:

$$p_k = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ki} \times r_{ij} \times r_j \quad (12)$$

E substituindo a_{ki} e r_{ij} na última equação p_k pode ser mostrada como:

$$p_k = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \frac{\overline{a_{ki}}}{a_i} \times \frac{\overline{r_{ij}}}{r_j} \times r_j \quad (13)$$

Como o montante total de recursos é identificado desde o início, o procedimento para utilizar no modelo, é a identificação dos *drivers* utilizados para as diferentes atividades e produtos, ou seja, um k_i e i_j . Portanto, a fim de construir o modelo, e uma vez que as relações entre recursos e atividades e entre estes e os produtos são estabelecidos, será necessário recolher dados sobre as atividades de produção, de modo que os *drivers* de volume podem ser identificados.

4.1. Estudo de caso

Para efeito de estudos, foi realizado a aplicação do algoritmo ABC Matricial realizando uma aplicação em um hotel. Os dados são reais, e houve a entrevista informal com os gestores da organização. O hotel possui 04 UH's, distribuídos da seguinte forma:

- *Standard*: Simples (SS) e Duplo (SD);
- *Luxo*: Simples (LS) e Duplo (LD).

De acordo com o estudo, o hotel possui cinco atividades principais (A1 ... A5), que consomem dezoito diferentes recursos (R1 ... R18). Os objetos de custo são as quatro UH's (SS, SD, LS e LD). Os coeficientes de matrizes (Recurso-Atividade e Atividade-produto) apresentados nas Tabelas 8 e 9 foram construídos com base nos *drivers* de recursos selecionados e em as informações obtidas a partir do estudo de caso referente ao período em estudo.

Conforme os relatórios fornecidos, na Tabela 3 as informações referente aos valores cobrados das diárias e o número de UH's disponíveis para locação.

Tabela 3 – Preço da diária e N° de diárias disponíveis.

Nomenclatura	<i>Standard</i>		<i>Luxo</i>	
	Simples	Duplo	Simples	Duplo
Classificação				
Preço da diária (em R\$/apto.)	70,00	100,00	160,00	200,00
N° de diárias	20	40	25	18

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

Para dar continuidade ao estudo, buscou-se nos relatórios da organização as informações relacionadas aos custos existentes. Com estas informações, foi possível verificar a existência dos custos indiretos que necessitam sua distribuição aos produtos e, na Tabela 4 apresenta-se a relação dos custos indiretos.

Tabela 4 – Relação dos Custos Indiretos.

Descrição	R\$	Descrição	R\$
Mão de Obra e Encargos	54.054,00	Materiais Descartáveis	487,00
TV a Cabo	1.573,08	Jardinagem	994,50
Cópias e Autenticações	631,75	Pintura	97,92
Comissão de Cartão de Crédito	6.752,92	Instalações	1.005,00
Taxas e Emolumentos	286,33	Piscina	95,83
Correios e Telégrafos	654,50	Encanamentos	101,25
Materiais de Escritório	3.508,92	Manutenção do Gerador	323,33
Impressos e Formulários	1.045,83	Livros, Jornais e Revistas	229,33
Materiais Diversos	1.215,83	Conta Telefônica	2.526,42
Propaganda e Marketing	9.656,50	Internet e Business Center	271,33
Taxa de Marketing	7.554,50	Energia Elétrica	22.592,42
Gêneros Alimentícios	13.054,83	Água e Esgoto	3.475,50
Bebidas Alcoólicas	345,75	Gás	4.478,50
Bebidas não Alcoólicas	2.797,58	Elevadores	1.226,25
Utensílios de Cozinha	74,25	Caldeiras	347,08
Serviços de Lavanderia	11.258,00	Ar-Condicionado	1.949,17
Materiais de Limpeza	3.342,08	Depreciação	67.639,00
		Total	225.646,50

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

Com relação a Mão de Obra, verificou-se onde os funcionários prestavam mais serviços, definindo-se conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Mão de Obra e Encargos.

Atividades	Quant.Func.	Sal. com Enc.
Recepcionar, Reservas e Telefonia	10	21.030,00
Prepara alimentação	4	7.212,00
Lavar enxoval	4	6.820,00
Realizar Manutenções	3	4.950,00
Processos Administrativos	4	14.042,00
Total	25	54.054,00

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

Através de uma análise mais acurada, juntamente com a entrevista com o gestor do hotel, ficou definido as atividades e a distribuição dos custos para cada atividade, ficando os custos que não tinham referência direta com as atividades e estes devem ser distribuídos de acordo com os critérios definidos.

Tabela 6 – Distribuição dos Custos Identificáveis as Atividades.

Recepcionar, Reservas e Telefonia	21.030,00
Prepara alimentação	23.484,42
Lavar enxoval	21.420,08
Realizar Manutenções	8.054,83
Processos Administrativos	32.826,08
Custos a Distribuir	118.831,08
Total	225.646,50

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

Quadro 1 – Classificação dos Custos as Atividades.

Atividades	Descrição
Recepcionar, Reservas e Telefonia	Mão de Obra;
Prepara alimentação	Mão de Obra; Gêneros Alimentícios; Bebidas Alcoólicas; Bebidas não Alcoólicas e Utensílios de Cozinha.
Lavar enxoval	Mão de Obra; Serviços de Lavanderia, Materiais de Limpeza.
Realizar Manutenções	Mão de Obra; Materiais Descartáveis; Jardinagem; Pintura; Instalações; Piscina; Encanamentos e Manutenção do Gerador.
Processos Administrativos	Mão de Obra Propaganda e <i>Marketing</i> e Taxa de <i>Marketing</i> .
Custos a Distribuir	TV a Cabo; Cópias e Autenticações; Comissão de Cartão de Crédito; Taxas e Emolumentos; Correios e Telégrafos; Materiais de Escritório; Impressos e Formulários; Materiais Diversos; Livros, Jornais e Revistas; Conta Telefônica; Internet e Business Center; Energia Elétrica; Água e Esgoto; Gás; Elevadores; Caldeiras; Ar-Condicionado e Depreciação.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

Após a realização para verificar onde cada custo está relacionado com cada atividade, abaixo apresenta-se a Tabela 7 onde verifica-se quanto representa em termos de percentuais %.

Tabela 7 – Recursos.

	Recursos	R\$	%
R1	Livros, Jornais e Revistas	229,33	0,10%
R2	Conta Telefônica	2.526,42	1,12%
R3	Internet e Business Center	271,33	0,12%
R4	Energia Elétrica	22.592,42	10,01%
R5	Água e Esgoto	3.475,50	1,54%
R6	Gás	4.478,50	1,98%
R7	Elevadores	1.226,25	0,54%
R8	Caldeiras	347,08	0,15%
R9	Ar-Condicionado	1.949,17	0,86%
R10	Depreciação	67.639,00	29,98%
R11	Cópias e Autenticações	631,75	0,28%
R12	Comissão de Cartão de Crédito	6.752,92	2,99%
R13	Taxas e Emolumentos	286,33	0,13%
R14	Correios e Telégrafos	654,5	0,29%
R15	Materiais de Escritório	3.508,92	1,56%
R16	Impressos e Formulários	1.045,83	0,46%
R17	Materiais Diversos	1.215,83	0,54%
R18	Custos a distribuir	106.815,42	47,34%
	Total	225.646,50	100,00%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

Os coeficientes de matrizes (Recurso-Atividade e Atividade-produto) apresentados nas Tabelas 8 e 9 foram construídos com base nos *drivers* de recursos selecionados e em as informações obtidas a partir do estudo de caso para o último mês disponível.

Tabela 8 – Matriz Recurso – Atividade

Atividades	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18
Recepcionar, Reservas e Telefonia	0,6	0,55	0,7	0,3	0,1	0	0,5	0	0,2	0,2	0,6	0,8	0,7	0,4	0,4	0,5	0,5	0,2
Prepara alimentação	0	0	0	0,1	0,4	1	0	0,1	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,22
Lavar enxoval	0	0	0	0,3	0,4	0	0	0,8	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Realizar Manutenções	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0,08
Processos Administrativos	0,4	0,35	0,3	0,2	0,1	0	0,5	0	0,8	0,25	0,4	0,2	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5	0,3

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

A distribuição dos coeficientes relacionados na Tabela 8, foi definido conforme critérios de utilização dos recursos, ou seja, os índices encontrados foram de acordo com a representatividade de cada atividade, por exemplo, o Recurso 1 “Livros, Jornais e Revistas” foram distribuídos nas atividades “Recepcionar, Reservas e Telefonia” com um índice de 0,60 e nos “Processos Administrativos” com 0,40. Desta forma, todos os recursos são distribuídos nas demais atividades conforme sua representatividade.

Na Tabela 9 foram definidas os índices relacionados conforme os produtos que recebem as atividades, ou seja, os recursos alocados nas atividades distribuídas aos produtos de acordo com sua utilização.

Tabela 9 – Matriz Atividade-Produto.

	Recepcionar, Reservas e Telefonia	Prepara alimentação	Lavar enxoval	Realizar Manutenções	Processos Administrativos
Standard Simples	0,15	0,12	0,12	0,19	0,19
Standard Luxo	0,45	0,50	0,50	0,39	0,39
Luxo Simples	0,19	0,16	0,16	0,24	0,24
Luxo Duplo	0,20	0,22	0,22	0,17	0,17

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

A distribuição da Tabela 9, por exemplo, o produto “*Standard Simples*”, recebe um índice de 0,15 da atividade “Recepcionar, Reservas e Telefonia”, e assim sucessivamente distribuídos aos demais produtos. Quanto cada produto recebe de cada atividade.

O *driver* por atividade foi obtido multiplicando-se o Matriz Recurso-Atividade pela Matriz Recursos. O custo por objeto de custo (Tabela 10) é o resultado da multiplicação da Matriz Atividades pela Matriz Atividades-produto.

Tabela 10 – Matriz Atividade.

Recepcionar, Reservas e Telefonia	Prepara alimentação	Lavar enxoval	Realizar Manutenções	Processos Administrativos	Total
53.181,11	51.938,77	43.393,48	13.983,38	63.149,77	225.646,50
23,57%	23,02%	19,23%	6,20%	27,99%	100%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

Tabela 11 – Matriz Produtos.

SS	SL	LS	LD
34.877,57	101.497,91	43.596,96	45.674,06
15%	45%	19%	20%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

Finalmente, a Tabela 12 mostra a Matriz Recursos-Produtos, que é o resultado da multiplicação da Matriz Atividade-Produto pela Matriz Recurso-Atividade.

Tabela 12 – Matriz Recursos – Produtos.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18
SS	0,169	0,171	0,164	0,153	0,134	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169
SD	0,428	0,425	0,435	0,452	0,482	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428
LS	0,211	0,213	0,205	0,192	0,167	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211
LD	0,193	0,191	0,196	0,203	0,217	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2015).

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 Atividade-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 apresenta-

do inicialmente foi para demonstrar os passos para a realização da Tabela 11, 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.

5. CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo demonstrar uma aplicabilidade do ABC Matricial em um hotel, apresentando os resultados de uma forma diferente do ABC tradicional. Apesar de existirem autores que abordam as dificuldades do método de custeio ABC, acredita-se que esta metodologia ainda pode ser útil para os gestores. Levando em consideração que o modelo proposto ABC Matricial utiliza os princípios do ABC tradicional como a entrevista e também a forma de direcionar os custos, a forma de tratamento das informações é que difere, ou seja, é apresentado um algoritmo de controle, e às contribuições foram nas aplicações das matrizes e vinculação de alocação de custos e álgebra linear.

A fase de planejamento foi muito importante para a implementação do método, onde, juntamente com o gestor foram definidos os objetivos que o sistema pretende atingir; o estudo das atividades principais, os *drivers* para a distribuição dos recursos e o tratamento de toda a estrutura existente na organização. Importante ressaltar, somente foi possível esta aplicação devido à contribuição do gestor e dos funcionários de toda a organização.

Ao realizar a aplicação deste estudo, verificou-se que as atividades consomem recursos de diferentes formas, onde alguns recursos são identificados facilmente pela sua própria natureza, outros podem ser identificados pela pesquisa realizada por meio ABC tradicional, porém, outros recursos não foram facilmente identificados. O ABC Matricial permite apurar eficazmente os custos dos produtos ou serviços fortemente diversificados, permitindo de igual forma analisar a rentabilidade dos produtos.

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 as vantagens, a) permite que os custos de cada atividade sejam mais fáceis e precisamente identificados e b) é flexível em termos de ajustes potenciais que podem ser apresentados como um resultado de mudanças nos processos de produção. Este algoritmo pode ser aplicado facilmente com a ajuda de uma simples folha de cálculo. Importante ressaltar que em uma organização que possua diversos grupos de custos, atividades e produtos, será necessário desenvolver uma solução de *software*.

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, pois, são organizações que possuem diversas atividades, diversos produtos e consomem diversos recursos.

6. AGRADECIMENTOS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Alex Fabiano Bertollo Santana, Bolsista – Proc. nº BEX 1066/13-7, Hyggor da Silva Medeiros, Bolsista – Proc. nº BEX 13123/13-0, Levi da Silva Guimarães, Bolsista – Proc. nº BEX 9353/13.

REFERÊNCIAS

AFONSO, P. **Sistemas de custeio no âmbito da contabilidade de custos: O custeio baseado nas actividades, um modelo e uma metodologia de implementação.** 40 f. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Minho, 2002.

AFONSO, P. S.; PAISANA, A. M. **An algorithm for activity based costing based on matrix multiplication.** IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, p. 920-924, 2009.

APAK, S.; EROL, M.; ELAGÖZ, I.; ATMACA, M. The Use of Contemporary Developments in Cost Accounting in Strategic Cost Management. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 41, p. 528-534, 2012.

BEUREN, I. M. (Org.). **Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade.** São Paulo, Atlas, 2008.

BORNIA, A. C. A. **Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas.** São Paulo, Atlas, 2009.

CHENHALL, R. Management control systems design within its organizational context: findings from contingency-based research and directions for the future. **Accounting, Organizations and Society**, v. 28, n. 3, p. 127-168, 2003.

CHURCHILL, N. Linear Algebra and Cost Allocations : Some Examples. **The Accounting Review**, v. 39, n.4, p. 894-904, 1964.

DUBOIS, A; KULPA, L; SOUZA, E. L. **Gestão de Custos e Formação de Preços: conceitos, modelos e instrumentos: abordagem do capital de giro e da margem de competitividade.** São Paulo: Atlas, 2006.

HUYNH T.; GONG G.; NGUYEN A. Integrating activity-based costing with economic value added. **Journal of Investment and Management**, v. 2, n. 3, p. 34-40, 2013.

INNES, J.; MITCHELL, F. **A Practical Guide to activity based costing.** Londres: Kogan Page, 1998.

INNES, J.; MITCHELL, F.; YOSHIKAWA T. **Activity costing for engineers.** Somerset: Research studies press, 1994.

KAPLAN, R. S.; THOMPSON, G. L. Overhead Allocation via Mathematical Programming Models. **The Accounting Review**, v. 46, n. 2, p. 352-364, 1971.

_____. Yesterday's Accounting Undermines Production. **Harvard Business Review**, v. 48, n. 5, p. 133-139, 1984.

_____. The Four Stage Model of Cost Systems Design. **Management Accounting**, v. 71, n. 8, p. 22-26, 1990.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Time-Driven Activity-Based Costing. **Harvard Business Review**, v. 82, n. 11, p.131-138, 2004.

KHOZEIN A.; DANKOOB, M. Activity Based Costing System and its Succeed Implementing in Organizations. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. 10, p. 613-619, 2011.

LANGHOLM, O. Cost Structure and Costing Method: An Empirical Study. **Journal of Accounting Research**, p. 218-227, 1965.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.

MILLER, J. G.; VOLLMAN, T. E. The Hidden Factory. **Harvard Business Review**, v. 63, n. 5, p. 142-150, 1985.

MOISELLO, A. M. ABC: Evolution, Problems of Implementation and Organizational Variables. **American Journal of Industrial and Business Management**, v. 2, n. 2, p. 55-63, 2012.

OLIVEIRA, L. M.; PEREZ JÚNIOR, J. H. **Contabilidade de custos para não contadores**. São Paulo: Atlas, 2000.

PEREZ Jr., J. H.; OLIVEIRA. L. M.; COSTA, R. G. **Gestão estratégica de custos**. São Paulo: Atlas, 2010.

ROZTOCKI, N.; VALENZUELA, P. J.; THOMAS, R.; NEEDY, K. A Procedure for the Smooth Implementation of Activity Based Costing in Small Companies. **American Soc. for Eng. Management**, p. 279-288, 1999.

SAMUELS, J. M. Opportunity Costing: An Application of Mathematical Programming. **Journal of Accounting Research**, v. 3, p. 182-191, 1965.

SHAMBLIN, J. E.; STEVENS JR. G. T. **Pesquisa Operacional**. São Paulo: Atlas, 1979.

SHIELDS, M. Research in management accounting by North Americans in the 1990s. **Journal of Management Accounting Research**, v. 9, p. 3-61, 1997.

SPRINKLE, G. Perspectives on experimental research in managerial accounting. **Accounting Organization and Society**, v. 28, p. 287-318, 2003.

STOUTHUYSEN, K.; SWIGGERS, M.; REHEUL, A.M.; ROODHOOFT, F. Time-driven activity-based costing for a library acquisition process: A case study in a Belgian University. **Library Collections, Acquisitions, and Technical Services**, v. 34, n. 2, p. 83-91, 2010.

TURNEY, P. B. B. **Activity Based Costing – The Performance Breakthrough**. Londres: Kogan Page, 1996.

WILLIAMS, T. H.; GRIFFIN, C. H. Matrix Theory and Cost Allocation. **The Accounting Review**, v. 39, n. 3, p. 671-678, 1964.