

## Modelagem de um sistema de gestão na Educação a Distância no Brasil utilizando redes de Petri Coloridas

*Modelling distance education management system in Brazil using coloured Petri nets*

Régia T. S. Araújo<sup>1</sup> Manuel E. S. Araújo<sup>2</sup> Fátima N. S. de Medeiros<sup>1</sup>  
Giovanni C. Barroso<sup>1</sup>

Recibido 14 de junio de 2013, aceptado 18 de junio de 2014

*Received: June 14, 2013 Accepted: June 18, 2014*

### RESUMO

A gestão é uma prática que envolve planejamento, organização, direção, controle e acompanhamento de atividades. Este trabalho apresenta a modelagem em redes de Petri coloridas (RPC) de um sistema de gestão em Programas de Educação a Distância (EaD), em instituição pública de ensino no Brasil. É importante ressaltar que a gestão envolve alto grau de complexidade, pois para implantar e manter os cursos há necessidade de integrar um conjunto de processos que se influenciam mutuamente, visando o alcance de metas pré-definidas. Para isso há divisão de tarefas, atribuições de responsabilidades, definição de níveis de autoridade e estabelecimento de mecanismos de comunicação. O sistema de gestão sistêmica atualmente aplicado nos cursos ofertados na modalidade a distância no IFCE (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará), compreende cinco grandes pilares, que são: institucional, pedagógico, tecnológico, administrativo-financeiro e recursos humanos. O escopo deste trabalho trata da modelagem do processo de gestão administrativo-financeira em redes de Petri coloridas. A análise do modelo ajudou a identificar e melhorar as ações/atividades desenvolvidas nesse processo e permitiu uma visualização gráfica do fluxo do processo administrativo-financeiro auxiliando a equipe da IES (Instituição de Ensino Superior) nas ações de planejamento e execução dos recursos captados para oferta dos cursos na modalidade a distância. Outro aspecto importante do resultado da modelagem refere-se à transformação de conhecimento tácito em conhecimento explícito. Sendo assim, a execução do *processo administrativo-financeiro* torna-se menos dependente das pessoas envolvidas na elaboração do próprio processo.

Palavras chave: Gestão, educação a distância, recurso, modelagem, redes de Petri coloridas.

### ABSTRACT

*Management is a practice that encompasses planning, organization, guidance, control and monitoring of activities in terms of means and ends. This paper presents a management system modelling for Distance Education in programs offered in Brazilian public institutions, using colored Petri nets. Moreover, it is important to mention that management acquires a high degree of complexity due to the fact that in order to deploy and maintain the distance learning courses, a set of processes that integrate and influence each other, aiming to reach pre-defined goals is required. Therefore, in order to achieve this level of complexity, this job involves tasks such as work division, responsibility assignments, setting levels of authority and to establish communication mechanisms. Accordingly, the systemic management system, currently applied to distance learning courses offered by IFCE (Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará), comprises five major pillars which are: institutional, educational, technological,*

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática. Universidade Federal do Ceará. Campus do Pici - Bloco 725 - Fortaleza - CE, CEP: 60455-970. E-mail: regia@ifce.edu.br; fsombra@ufc.br; gcb@fisica.ufc.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1646, Planalto - Juazeiro do Norte-CE, CEP: 63040-540. E-mail: maraujo@ifce.edu.br

*administrative, financial and human resources. Hence, the scope of this work deals with the modelling of the administrative and financial management process in coloured Petri nets. The model analysis has helped to identify and improve actions and activities developed in the process. It also allowed the group to have a graphical and an administrative view, which helped them to plan and execute all the funds received to run the Distance Education courses. In addition, another important aspect to mention concerns the transformation of tacit knowledge into explicit knowledge, such that the execution of administrative and financial processes becomes less dependent on the people who devised it.*

*Keywords: Management, distance education, resource, modelling, coloured Petri nets.*

## INTRODUÇÃO

Atualmente, a comunicação mediada eletronicamente apresenta-se como uma poderosa ferramenta, capaz de diminuir a barreira (mas não de eliminar) da separação física e temporal entre professor e aluno, além de proporcionar um aumento substancial do nível de interatividade na Educação a Distância (EaD).

Segundo Litto e Formiga [1], pode-se dizer que a principal inovação dessas últimas décadas na área de educação foi a criação, a implantação e o aperfeiçoamento de uma nova geração de sistemas de EaD que começou a abrir possibilidades de se promover oportunidades educacionais para grandes contingentes populacionais, não mais tão somente de acordo com critérios quantitativos, mas principalmente, com base em noções de qualidade, flexibilidade, liberdade e crítica. Como exemplos a que se referem os autores existem a *Open University* do Reino Unido e a Universidade Aberta do Brasil (UAB).

De acordo com Valente e Mattar [2], há diversos modelos e aplicações para a EaD, entre os quais estão modelos para a educação básica e para a educação superior. Neste último segmento, existem as Universidades Virtuais - universidades que nasceram especificamente para ministrar cursos a distância on-line; Universidades Cooperativas - universidades privadas com educação viável para pessoas que trabalham em uma empresa; treinamento governamental realizado nos âmbitos municipal, estadual e federal e Universidades Abertas, no Brasil conhecida como UAB, que tornou-se um marco na história da EaD.

O sistema UAB foi criado em 2005 e oficializado pelo Decreto 5.800, de 8 de junho de 2006 [15]. Nesse sistema, há oferta de cursos superiores a distância

através de uma parceria entre o MEC (Ministério de Educação e Cultura), Universidades (Estaduais ou Federais), Institutos Federais e prefeituras e/ou estado. O MEC financia as Universidades e Institutos para a oferta, custeando toda a parte didática. Os governos municipais e/ou estaduais, por sua vez, ficam responsáveis pela infraestrutura nos polos de apoio presencial localizados em municípios estratégicos.

Instituições que ofertam cursos na modalidade a distância têm que se preocupar com a gestão do sistema assim como acontece na gestão em outros tipos de organização [3]. A gestão em EaD precisa contemplar os aspectos de planejamento, organização, direção e controle do processo – considerando a disponibilidade de recursos materiais, físicos, técnicos e humanos. Os autores acrescentam que, para um gestor em EaD criar condições para realizar cursos de formação de qualidade, deve planejar e organizar adequadamente todo o sistema de funcionamento das etapas envolvidas no processo.

Em [16], Lima reporta que 71% das instituições públicas no Brasil que captam recursos do MEC/CAPES afirmam que parte do recurso captado volta aos cofres públicos por falta de execução financeira. Essa devolução de recurso pode vir a acarretar, por exemplo, diminuição da qualidade dos cursos ofertados.

Este artigo apresenta a investigação e aplicação de uma proposta de modelagem em redes de Petri coloridas dos processos que sustentam o pilar da gestão administrativo-financeiro de um sistema de gestão de educação a distância. A modelagem proposta é feita na Diretoria de EaD (DEaD) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

Neste artigo buscar-se-á então:

- a) Apresentar modelos de gestão para sistemas de EaD;
- b) Aplicar o potencial das redes de Petri coloridas (RPC) em modelagem de processos;
- c) Apresentar o modelo de processo da gestão administrativa-financeira do IFCE utilizando-se RPC;
- d) Avaliar e difundir a técnica de modelagem em RPC para instituições que ofertam cursos nesta modalidade.

Como resultado da investigação, espera-se obter na DEaD do IFCE visão em movimento, identificação de possíveis melhorias nos processos já desenvolvidos; visualização gráfica macro do modelo sistêmico já aplicado, ajuda à equipe na fase de planejamento, execução e prestação de contas do recurso captado para os diversos cursos ofertados na modalidade a distância.

Como a devolução dos recursos captados é recorrente no sistema UAB, a modelagem aqui apresentada pode ser utilizada por outras instituições que participam da Universidade Aberta do Brasil.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As bases conceituais e metodológicas da pesquisa se inserem na confluência das áreas de educação na modalidade a distância, gestão de processos, e engenharia, especificamente na modelagem utilizando RPC. A pesquisa visa solucionar um problema prático vivenciado na atualidade, não somente pelo IFCE, mas pelas instituições de ensino superior que estão provendo esta modalidade de formação educacional no âmbito da Universidade Aberta do Brasil e em outros programas como Escola Técnica Aberta do Brasil, dentre outros.

### Educação a Distância

Educação a Distância ou EaD é o termo genérico usado no Brasil para designar modos de formação ou de aprendizagem diferentes do modelo presencial clássico e cuja mediação estudante-professor-conteúdo é feita por alguma tecnologia. A EaD está pautada no Decreto nº 5.622, de 19 de dezembro de 2005 que regulamenta o art. 80 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional [17]. De acordo com essa legislação, a EaD é caracterizada como “modalidade educacional na qual a mediação

didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorre com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com estudantes e professores desenvolvendo atividades educativas em lugares ou tempos diversos”.

Os atuais estágios de desenvolvimento tecnológico, aliados aos recursos da informática e das telecomunicações, mudaram o conceito de distância e aumentaram os níveis de interatividade.

A exemplo desse fato, na China, a universidade, há mais de uma década funcionando baseada em TV, passa agora para a universidade baseada na Internet [8]. Segundo Han [8], a EaD na China usa o computador e a internet como ferramentas básicas e combina também outras técnicas web de informação. Han ainda ressalta que a utilização da educação nesse formato, mostra que a universidade não está restrita pelo tempo, espaço, local e portanto se traduz em uma importante modalidade na capacitação de recursos humanos.

Com a redução nos custos dos equipamentos e a necessidade crescente de formação, o aperfeiçoamento profissional e a necessidade de expansão do ensino, a EaD surge como uma modalidade de ensino e tecnologia educacional acessível e conveniente a várias pessoas que se encontram dispersas geograficamente. Desse modo, se reduzem ou evitam, deslocamentos, possibilitando ao estudante aprender em seu ritmo, no tempo e local que lhes são mais convenientes. Ademais esta modalidade de ensino favorece o desenvolvimento de habilidades e competências cognitivas como autonomia, criatividade, autodisciplina, responsabilidade com a própria formação, construção do conhecimento, aprendizagem cooperativa, entre outras habilidades.

Do ensino por correspondência, utilizando-se material impresso, ao ensino mediado eletronicamente, utilizando-se redes de computadores e recursos multimídia em tempo real, houve um avanço considerável nessa modalidade de ensino. Com a evolução e abrangência dos cursos em EaD, os aspectos que envolvem a gestão tornam-se essenciais para que se tenham cursos ofertados com qualidade.

### Educação a Distância no IFCE

No IFCE, os cursos do sistema UAB foram iniciados em 2007, com a implementação e acompanhamento

da oferta do 1º semestre dos cursos de Licenciatura em Matemática e Tecnologia em Hospedagem na modalidade a distância possibilitando 400 alunos ingressarem nesses cursos em diversos municípios do estado do Ceará.

Durante a oferta dessa nova modalidade de ensino, no IFCE, constatou-se a necessidade de formação e capacitação de quadros (professores conteudistas e formadores, tutores e equipe multidisciplinar) para trabalhar com EaD, no âmbito da UAB, e notadamente na produção e gestão do processo ensino-aprendizagem.

O professor conteudista prepara os materiais didáticos segundo um desenho instrucional adequado e adaptado ao perfil e necessidades do aluno. Por sua vez, o professor formador faz a gestão do ensino junto aos tutores a distância, que acompanham a aprendizagem e o desempenho do aluno.

Todos esses atores são apoiados por uma equipe multidisciplinar, em constante processo de atualização para tornar as mídias educacionais mais atraentes, interativas, fáceis de usar e eficazes em seus resultados. Neste sentido, instituições de ensino superior e técnico que ofertam cursos na modalidade a distância devem levar em consideração que, essa modalidade de ensino exige planejamento cuidadoso por parte dos gestores, uma vez que possui características próprias e peculiares.

Sartori e Roesler [4] ressaltam que a estrutura organizacional de um programa de EaD pode ser composta em termos gerais por unidades responsáveis: a) pela administração financeira e acadêmica, b) pela produção e entrega de materiais didáticos, c) pelo atendimento pedagógico aos alunos, d) pelo suporte técnico e informacional, e) pela pesquisa e avaliação e f) pela elaboração de novos projetos pedagógicos, entre outros. Ainda segundo os autores, a configuração hierárquica da estrutura organizacional pode agrupar ou subdividir essas unidades, o que implicaria em diferentes procedimentos burocráticos e distribuições das funções e responsabilidades, conforme a opção por um modelo de gestão tradicional ou por um modelo de gestão colaborativa e integrada.

O modelo de gestão institucional do IFCE, que abrange os cursos ofertados a distância, tem como

objetivo principal a democratização e expansão do ensino com a mediação das tecnologias e como objetivos específicos a implementação e a manutenção de cursos de pós-graduação, superiores, técnicos e de extensão.

A gestão desses cursos é compreendida como um conjunto de processos que se integram e se influenciam mutuamente visando ao alcance de metas pré-definidas. Para o alcance destas metas, há divisão de tarefas, atribuições de responsabilidades a pessoas, definição de níveis de autoridade e estabelecimento de mecanismos de comunicação.

Neste sentido, conhecer todos os aspectos de gestão em EAD é essencial para que essa modalidade de ensino seja desenvolvida com qualidade. O modelo de gestão escolhido pelo IFCE compreende cinco grandes pilares que são: institucional, pedagógico, tecnológico, administrativo-financeiro e recursos humanos (ver Figura 1).

A gestão desenvolvida é integrada e colaborativa. Para cada pilar, são desenvolvidos diversos processos que dependem mutuamente entre si. Para tanto, há necessidade de gerir esses processos.

Paim [6] afirma que para implantar a gestão de processo nas organizações tem-se que criar e manter uma cultura de gestão baseada na visibilidade e

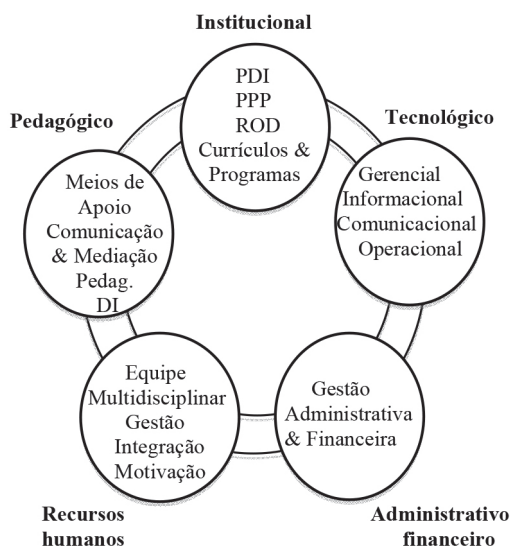


Figura 1. Gestão sistêmica – NTEAD – IFCE (Adaptada de [5]).

entendimento dos processos; mensurar o desempenho dos processos e não somente dos departamentos funcionais; promover integração e reduzir conflitos interdepartamentais, entre outros requisitos.

Em função da complexidade desse tipo de gestão, surgiu a necessidade, de promover a visibilidade e o entendimento dos processos que ocorrem em cada pilar do modelo sistêmico apresentado na Figura 1. O intuito com isso é acompanhar, aferir, medir e traçar estratégias de melhoria nos processos que perpassam a oferta de curso a distância do IFCE. Portanto, o próximo tópico aborda aspectos relacionados à gestão de procesos.

### **Gestão e Processos**

Segundo Ferreira, Reis e Pereira [9] a palavra gestão tem origem latina, *gerere*. Significa conduzir, dirigir ou governar.

Hong [10] relata que o uso de gerenciamento de projetos é amplamente explorado em diversas áreas e produz um efeito aparente, quando é introduzido em campos militares, astronáutica, financeiro, empresarial, entre outros. Ferreira, Reis e Pereira [9] ressaltam ainda, que o gerenciamento de projetos pode ser aplicado à área de gestão da educação a distância, mostrando-se eficaz ao representar plenamente a relação custo-benefício da oferta de cursos nessa modalidade de ensino e por contribuir para o desenvolvimento organizacional. Como consequência do uso da gerência de projeto tem-se a melhoria na qualidade de ensino.

A gestão de cursos a distância exige, além de infraestrutura tecnológica, um planejamento eficaz, dinâmico e adequado frente às demandas de atendimento aos usuários externos e internos de uma Instituição de Ensino Superior - IES. A gestão de cursos a distância exige, portanto, uma confluência de processos que se integram para um bem comum, que é a qualidade de ensino dos cursos ofertados, a qual, por sua vez, poderá refletir na aprendizagem do aluno.

Juran [11] define processo, como uma série sistemática de ações direcionadas para a consecução de uma meta. Essa definição genérica aplica-se a um processo em todas as funções, estejam elas relacionadas com fabricação de algo ou não. No processo também são incluídas as forças humanas,

assim como as instalações físicas envolvidas para a consecução de uma meta.

Paim [6] afirma que uma das melhores definições para processos é a cooperação de atividades distintas para a realização de um objetivo global, orientado para o cliente final que lhes é comum. Paim resalta ainda que um processo pode ser repetido de maneira recorrente dentro da empresa. O autor cita alguns exemplos de processo como: um desempenho (performance) que formaliza o seu objetivo global (um nível de qualidade, um prazo de entrega etc.); uma organização que materializa e estrutura transversalmente à interdependência das atividades do processo, durante sua duração, entre outros exemplos.

A gestão de processos nas duas últimas décadas alcançou grande popularidade e disseminação como construtor básico, para estruturação do trabalho em organizações em conjunto com o uso de sistemas de informação. Para Albuquerque [12], a principal vantagem da abordagem por processos refere-se à sua capacidade de transcender as divisões funcionais e a cultura fragmentada dos departamentos, focando as atividades de uma organização sob a perspectiva do cliente.

Walter e Gotze [13] afirmam que visão de processos se distingue da visão funcional em pelo menos três aspectos: os processos merecem atenção prioritária dos esforços gerenciais, as diferentes funções envolvidas no processo cumprem uma função de apoio, e as informações seguem com maior fluidez sem tantos filtros hierárquicos.

Assim, identificar os processos como sendo o modo típico de realizar o trabalho é importante para definir a forma de distribuição das pessoas e demais recursos da organização. A visão de processos favorece a percepção da necessidade de um comportamento gerencial integrado e abrangente, propiciando uma análise adequada das necessidades dos procesos.

Segundo esses conceitos e fazendo a transposição para a gestão em EaD, pode-se dizer que um processo é constituído de atividades realizadas em prol da oferta dos cursos na modalidade de Educação a Distância. Essas atividades distintas se correlacionam para realização de um objetivo global, que nesse caso é a oferta dos cursos com qualidade de ensino.



Podemos enumerar, por exemplo, três tarefas/atividades na gestão financeira-administrativa dos recursos a serem descentralizados pelos órgãos parceiros CAPES/MEC, quais sejam: captação, execução e prestação de contas. O mapeamento desse processo de gestão deverá resultar em produtos (aquisição de material de consumo, metodologia para produção de material didático, dentre outros) ou serviços (contratação de equipe multidisciplinar para construção do material didático, deslocamentos de professores, tutores ou alunos para atividades presenciais em consonância com o projeto pedagógico dos cursos ofertados) que vão ao encontro das necessidades dos alunos dos cursos ofertados. Verifica-se, então, que na gestão de processo há necessidade de mapear as atividades e que o resultado de um processo em um pilar pode interferir diretamente em outro, implicando assim na necessidade de análise e controle.

A gestão de processos tornou-se um tema frequente de pesquisas com foco em abordagens, como a melhoria ou a reengenharia de processos. O aumento das pesquisas resultou em um crescimento no número de ferramentas de modelagem e simulação de processos, em diferentes áreas, cuja finalidade é apoiar a gestão de processos, fornecendo funcionalidades importantes para a análise e controle [14]. Um exemplo de ferramenta de modelagem de processo são as redes de Petri coloridas (RPC) [7].

Araújo [14] utilizou redes de Petri coloridas, na área de distribuição de energia elétrica, para modelagem do processo de Novas Ligações da empresa de distribuição de energia elétrica (COELCE) e concluiu que é possível modelar/simular o processo real escolhido com RPC. Os dados extraídos da simulação ajudaram a identificar as atividades do processo que mais contribuíam para o desvio entre tempo médio de atendimento ao cliente, obtido por meio de simulação do modelo e meta estipulada no processo.

As RPC atuam como excelente solução para apoiar processos de negócios, uma vez que possuem representação gráfica, são de fácil aprendizado e funcionam como linguagem de comunicação entre especialistas de diversas áreas. Pode-se ressaltar ainda, que as RPC possibilitam descrever aspectos estáticos e dinâmicos do sistema a ser representado e

ainda possuem o formalismo matemático necessário para métodos de análise formais [7].

### Redes de Petri Coloridas

As Redes de Petri Coloridas (RPC) [7] constituem uma linguagem gráfica para construir modelos de sistemas a eventos discretos [19] e analisar suas propriedades. De acordo com Jensen e Kristensen [7] as RPC combinam a capacidade das redes de Petri clássicas [18] com linguagem de programação em alto nível, a *CPN ML (Coloured Petri Nets Meta Language)*. Essa linguagem é baseada na linguagem de programação funcional *Standard ML* [20].

Jensen [21] define formalmente a rede de Petri Colorida por uma tupla:

$$RPC = (\Sigma, P, T, A, N, C, G, E, I) \quad (1)$$

onde:

$\Sigma$ : representa um conjunto finito de cores ou tipos;  
 $P$ : representa um conjunto finito de lugares;  
 $T$ : representa um conjunto finito de transições;  
 $A$ : representa um conjunto finito de arcos, tais que,  $P \cap T = P \cap A = T \cap A = \emptyset$ ;  
 $N: A \rightarrow P \times T \cup T \times P$  é uma função de nós;  
 $C: P \rightarrow \Sigma$  é uma função de cor;  
 $G$  é uma função de guarda, que associa a cada  $t \in T$  uma expressão do tipo booleana em que todas as variáveis pertencem a  $\Sigma$ ;  
 $E$  é uma função de expressões de arco que associa a cada  $a \in A$  uma expressão do tipo lugar relacionado;  
 $I$  é uma função de inicialização (marcação inicial) que associa a cada  $p \in P$  uma expressão do tipo  $C(p)$ .

Jensen e Kristensen [7] ressaltam também que as RPC apresentam como vantagem a capacidade de modelar sistemas complexos e fornecer elevado nível de abstração e de representação gráfica.

Os níveis de abstração dos modelos podem ser construídos através de um conjunto de módulos. O conceito desses módulos em RPC é baseado em um mecanismo de estrutura hierárquico que permite o módulo ter sub-módulos que podem ser reutilizados em diferentes partes do modelo. Além disso, os módulos podem interagir uns com os outros através de um conjunto de interfaces bem definidas, de modo semelhante como o que acontece nas linguagens de programação.

Existem diversas ferramentas utilizadas para fazer a modelagem em RPC. A ferramenta *CPN Tools* é um exemplo. Essa ferramenta permite a edição, simulação e análise das RPC e permite que os usuários trabalhem diretamente com a representação gráfica do modelo em RPC.

A Figura 2 ilustra uma estrutura básica de uma RPC contendo lugares, transição e arcos. Os lugares e a transição são conectados por arcos direcionados. Em uma rede, podem existir arcos que ligam lugares a transições e vice-versa. Desse modo, um sistema pode ser modelado através de lugares, transições, arcos que ligam as transições aos lugares (ou vice-versa) e fichas. Além disso em RPC é possível manipular dados tipados e complexos.

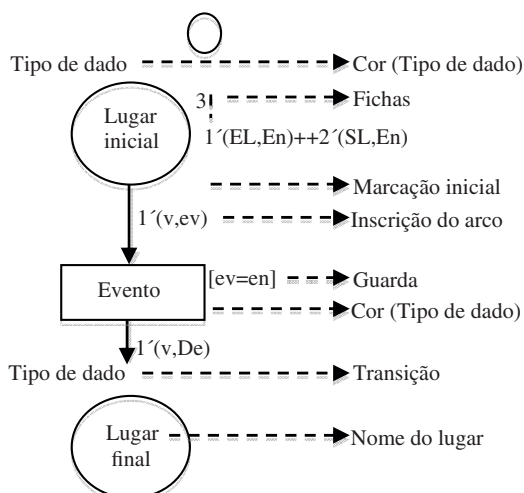


Figura 2. Representação de uma rede de Petri colorida.

Em RPC, os lugares representam o estado do sistema modelado e seus nomes são escritos dentro das elipses. Cada lugar pode conter uma ou mais fichas, e cada ficha tem um valor de dados associado a ela. Este valor de dados é chamado de cor da ficha. O estado do sistema é representado pelo número de fichas e as suas respectivas cores presentes nos lugares individuais da rede. O estado do sistema também é chamado de marcação do modelo RPC. Assim, as fichas em um lugar específico constituem a marcação do lugar.

As transições representam os eventos que podem ocorrer no sistema e seus nomes são escritos dentro dos retângulos. Quando uma transição ocorre, fichas dos lugares de entrada (aqueles lugares que têm um

arco que conduz à transição) são removidas e fichas são adicionadas nos lugares de saída (aqueles lugares que têm um arco vindo da transição). As expressões nos arcos (inscrições textuais posicionadas ao lado dos arcos) determinam quais fichas são removidas dos lugares de entrada e quais são adicionadas aos lugares de saída quando da ocorrência de uma transição. As expressões de arcos são escritas na linguagem de programação *CPN ML* e são construídas a partir de variáveis, constantes, operadores e funções. Quando a expressão do arco avaliado é verdadeira a transição é habilitada e pode ocorrer (ser disparada), representando uma mudança de estado do sistema.

As transições também podem ter associadas a elas uma função de guarda, que é uma expressão booleana. Quando uma função de guarda está presente, ela deve ser avaliada como verdadeira para habilitar a transição e ocorrer o disparo. Caso contrário, a transição ficará desabilitada e o disparo não ocorre. Por isso, um função de guarda coloca uma restrição adicional sobre a habilitação e ocorrência de uma transição.

Nesse artigo utilizamos a RPC por ser uma técnica apropriada para a modelagem de processos de negócios, pois possui importantes características como modularidade, facilidade na manutenção e capacidade de expansão. Essas características permitem a adição de novos processos ao modelo original. Na modelagem proposta, as fichas representam os cursos a serem ofertados de licenciatura em matemática e tecnologia de hotelaria. Essas fichas são manipuladas usando a linguagem de programação *CPN ML* utilizando a ferramenta *CPNTools*<sup>3</sup>.

## METODOLOGIA

A pesquisa proposta neste artigo foi realizada em uma instituição de ensino público, IFCE, no Brasil, mais precisamente no Estado do Ceará. A missão do IFCE é produzir, disseminar e aplicar os conhecimentos científicos e tecnológicos na busca de participar integralmente da formação do cidadão, tornando-a mais completa, visando sua total inserção social, política, cultural e ética. Esta instituição possui

<sup>3</sup> O software *CPN Tools* pode ser acessado no website <<http://www.cpntools.org/>>

aproximadamente 19.000 alunos, dos quais 4.000 mil estudam na modalidade a distancia.

O estudo de caso foi realizado na Diretoria de Educação a Distância (DEaD) do IFCE que é uma diretoria sistêmica localizada no município de Fortaleza e que tem como missão: fornecer serviços e produtos voltados a área de Ensino a Distância, semipresencial e presencial, promovendo o acesso e a democratização do conhecimento de forma ética e humana, contribuindo para qualidade de ensino, pesquisa e extensão com colaboradores e parceiros qualificados e comprometidos. O processo escolhido para a análise foi o que corresponde à gestão administrativo-financeira. Neste pilar, três subprocessos são definidos como captação, execução e prestação de contas do recurso. O processo de gestão administrativo-financeira foi escolhido por contribuir diretamente na qualidade dos cursos ofertados a distância.

Participaram da pesquisa funcionários e colaboradores do IFCE. Os sujeitos entrevistados foram a diretora de planejamento institucional do IFCE, vice-coordenadora institucional da UAB (à época), assistente administrativo da DEaD e gerente administrativo-financeiro da DEaD.

Os critérios utilizados para a seleção dos sujeitos consistiram da escolha de pessoas com vasta experiência profissional, amplo domínio técnico, ou seja, especialistas no tema. Foi realizada entrevista não estruturada para servir de subsídio para construção do mapeamento do processo em estudo.

### Técnica Utilizada na Pesquisa e Análise da Modelagem

A técnica utilizada compreende quatro fases, a saber, delinear o processo a ser modelado, preparar a modelagem, realizar a modelagem utilizando Redes de Petri Coloridas (RPC) e analisar os resultados. A Figura 3 mostra as etapas para a modelagem do processo de gestão administrativo-financeira.

Na fase do delineamento do processo, procurou-se identificar como o processo contribui com objetivos estratégicos traçados pela instituição, no tocante ao cumprimento de metas. O escopo dessa pesquisa se limitou ao processo de gestão administrativo-financeira, o qual está subdividido em subprocessos de captação, execução e prestação de contas dos

recursos captados e executados. Foram modelados os subprocessos de captação e execução, ficando o subprocesso prestação de contas como trabalho futuro.

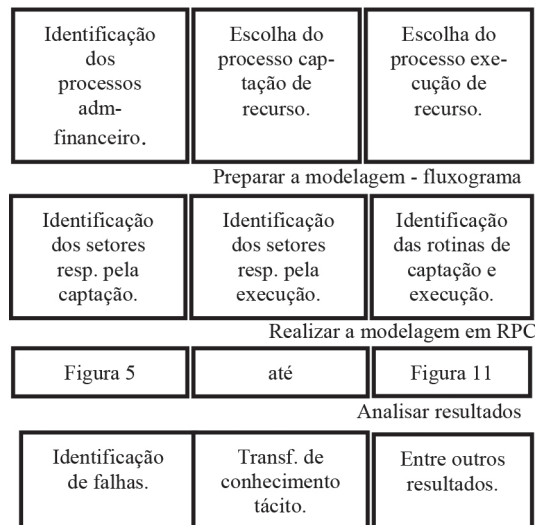
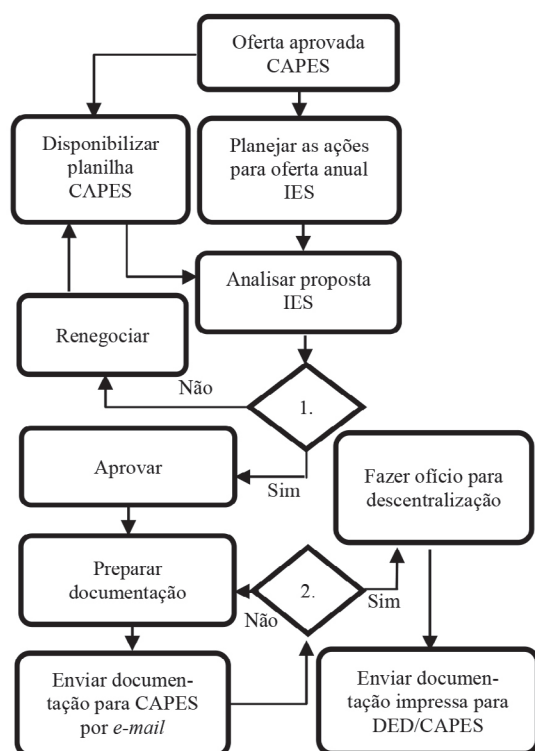


Figura 3. Etapas para modelagem do processo de gestão administrativo-financeira.

Na etapa preparação da modelagem do processo, foi necessário o conhecimento dos setores do IFCE responsáveis pela captação e execução dos recursos das ofertas de cursos na modalidade a distância. Nesse mapeamento, verificou-se como o trabalho era distribuído nas unidades organizacionais, quais eram os recursos necessários para execução do processo e como se dava o fluxo pelos setores. A Figura 4 mostra o fluxograma para captação do recurso dentro do IFCE. Na ilustração, o IFCE recebeu a nomenclatura de IES (Instituição de Ensino Superior).

Com a oferta aprovada, a IES pode iniciar o planejamento das ações de custeio, ou seja, pode orçar as rubricas *diárias*, *passagens*, *material de consumo* e *contratação de serviços* que serão necessários para ofertar os cursos aprovados. A CAPES, em paralelo, disponibiliza uma planilha em um sistema denominado SisUAB com todas as rubricas já citadas anteriormente. A equipe de planejamento da DEaD do IFCE faz a análise da planilha disponibilizada pela CAPES, comparando-a com o que foi planejado pela própria IES para oferta aprovada. Essa análise poderá ser positiva ou negativa.





Legenda: 1 Proposta adequada?  
2 Documentação adequada?

Figura 4. Fluxograma do modelo do processo de gestão administrativo-financeiro.

Se a análise for positiva, ou seja, se a CAPES disponibilizar recurso suficiente na planilha no SisUAB, então o fluxo continua com a aprovação das planilhas pela IES no SisUAB. A equipe de planejamento do IFCE prepara, assim, a documentação necessária para descentralização do recurso. A mesma equipe envia essa documentação para CAPES por *e-mail* para conferência. Se estiver correta a documentação, a Reitoria do IFCE faz um ofício, junta à toda a documentação e envia para a CAPES por correio. Após essa etapa, o IFCE aguarda a chegada do recurso na Instituição para a sua execução.

Por outro lado, se a análise for negativa, a equipe de planejamento do IFCE poderá renegociar com a equipe da CAPES até entrar em consenso. Após o consenso, o fluxo para captação dos recursos segue as mesmas fases da análise positiva.

### Modelagem Proposta

A modelagem proposta foi capaz de conceber, implementar e simular o processo de gestão

administrativo-financeira, utilizando redes de Petri coloridas. Foi possível, também, avaliar o uso da técnica de modelagem por redes de Petri coloridas para instituições que ofertam cursos nesta modalidade e na DEaD do IFCE.

A Figura 5 mostra a tela principal da modelagem em RPC do processo de gestão administrativo-financeiro. A Tabela 1 descreve os lugares usados para modelar os estados do processo. Esses lugares correspondem ao termo  $P$  definido na eq. 1. A Tabela 2 ilustra as diversas ações modeladas por meio de transições do processo em estudo. O conjunto de transições do modelo correspondem ao termo  $T$  da eq. 1. Interligando os lugares e transições tem-se os arcos de entrada e saída definidos na eq. 1 pelo termo  $A$ . Vinculado aos arcos foram definidos um conjunto de inscrições que atuam como regras de disparo das transições. Na eq. 1, o termo  $E$  corresponde a essas inscrições. A marcação inicial ( $I$ ) da rede é definida por duas fichas que correspondem a uma oferta aprovada pela CAPES para os cursos de Licenciatura em Matemática e Tecnologia em Hospedagem.

O subprocesso de captação (observar Figura 5), inicia com a aprovação da oferta pela CAPES e termina com a IES aguardando a liberação do recurso. O subprocesso de execução é composto por um conjunto de atividades iniciando com a liberação do recurso e terminando com a prestação de contas dos recursos aplicados para viabilizar a oferta dos cursos aprovados.

Nesta modelagem, optou-se por trabalhar com o modelo hierárquico para facilitar a visualização e compreensão do modelo proposto em RPC. A seguir serão apresentadas as diversas sub-redes que compõem o modelo. As sub-redes representam um conjunto de atividades dos subprocessos de captação e execução.

A Figura 6 ilustra a sub-rede denominada *Disponibilizar Planilha no SisUAB*. Essa sub-rede modela as atividades da equipe de planejamento da IES e de um analista financeiro da CAPES envolvidos com a liberação de uma planilha financeira de uma oferta de curso a distancia aprovada.

A Figura 7 ilustra a sub-rede *Negociação*, na qual são modeladas as ações para aprovação da planilha financeira liberada pela CAPES. Nesta etapa, a equipe

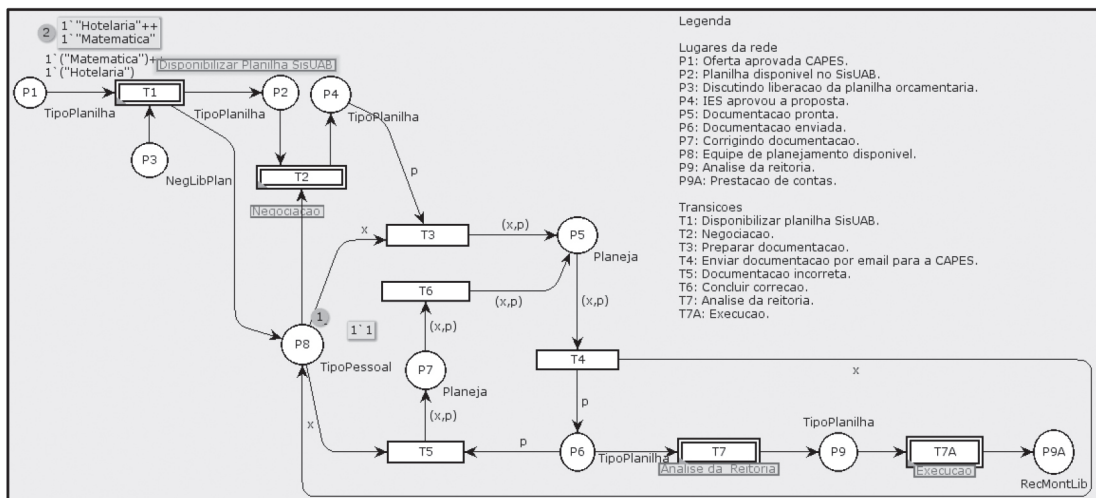


Figura 5. Tela principal do modelo RPC do processo de gestão administrativo-financeira.

Tabela 1. Descrição dos Lugares (estados).

Lugares (estados)	Descrição
Oferta aprovada Capes	Aprovação de algum curso a ser ofertado pelo IFCE pela CAPES.
Discutindo liberação da planilha orçamentária	Marca a fase de negociação do analista da CAPES e da equipe de planejamento sob o recurso que será liberado.
Planilha disponível no SisUAB	Sinaliza a disponibilidade de uma planilha financeira no SisUAB para iniciar o subprocesso de negociação.
IES aprovou a proposta	A proposta negociada pela equipe de planejamento e analista da CAPES foi aceita.
Documentação pronta	Indica que a documentação necessária para descentralização financeira foi concluída.
Documentação enviada	Sinaliza que a IES enviou a documentação para conferência da CAPES.
Corrigindo documentação	Realizando correções na documentação solicitada pela CAPES.
Aguardando liberação do recurso	IES aguardando a disponibilização do recurso solicitado a CAPES.
Prestação de contas	Após o subprocesso execução do recurso disponibilizado gasto é necessário fazer a prestação de contas
Equipe de planejamento disponível	Sinaliza a disponibilização de pessoal para realização das tarefas de captação e execução.

Tabela 2. Descrição - Transições (ações).

Transições (ações)	Descrição
Disponibilizar planilha SisUAB	Sub-rede que modela as ações para liberação da planilha financeira.
Negociação	Sub-rede que modela as ações para aprovação da planilha financeira liberada pela CAPES.
Preparar documentação	Inicia a preparação dos documentos necessários para que a CAPES possa descentralizar os recursos.
Enviar documentação por email para CAPES	Envio da documentação por e-mail para conferência da CAPES antes da assinatura do Reitor da IES.
Documentação incorreta	Dispara se a documentação enviada da IES para CAPES estiver incorreta.
Concluir correção	Dispara quando a IES faz a correção da documentação.
Análise da reitoria	Sub-rede que modela as ações da Reitoria para formalização da descentralização do recurso.
Execução	Sub-rede que modela a execução do recurso captado.

da IES faz o planejamento dos custos envolvidos com a oferta dos cursos aprovados e compara com os recursos disponibilizados no SisUAB por meio de planilha orçamentária da CAPES. Há duas situações possíveis no que diz respeito à negociação. A proposta da CAPES poderá estar adequada para oferta ou requer uma renegociação dos valores liberados pela CAPES.

A Figura 8 representa o subprocesso execução. A execução é iniciada após a finalização do subprocesso captação, ou seja, inicia com a liberação do recurso para a IES. Optou-se por modelar o recurso liberado em custeio de material e serviço. O montante de recurso liberado é destinado para ser executado dentro da própria IES e em uma fundação de apoio

à pesquisa na qual o IFCE tenha convênio em vigor. Cabe ressaltar que o processo de execução modelado foi o da IES.

A Figura 9 ilustra as ações da IES para executar o recurso liberado. Dentre as principais ações tem-se o planejamento para compra de materiais e contratação de serviços especificados pelo coordenador do curso ofertado; preparação para abertura de processo de licitação; contratação de serviço ou recebimento do material especificado. Para modelar a compra de materiais e contratação de serviços, optou-se por implementação de sub-redes visando melhorar a compreensão do modelo. Foram usadas fichas para representar a divisão dos recursos em compra de materiais e contratação de serviços.

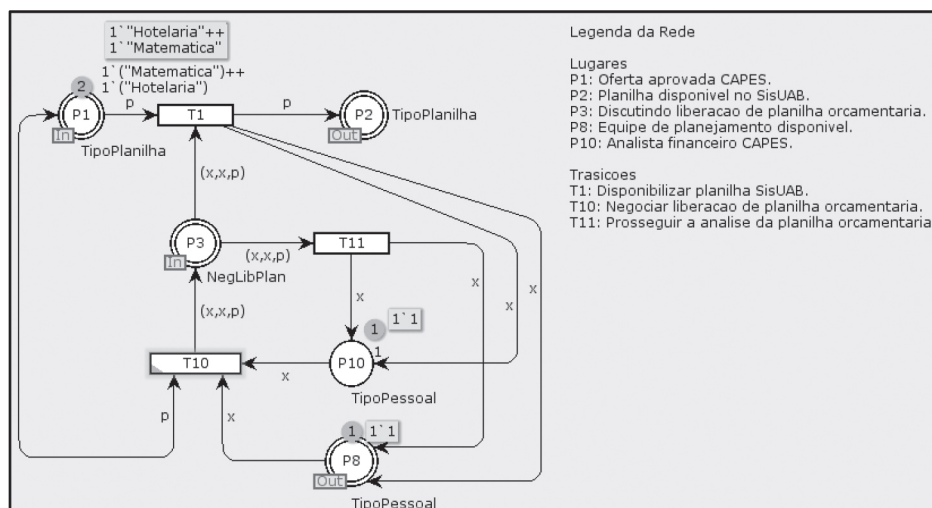


Figura 6. Sub-rede disponibilizar planilha.

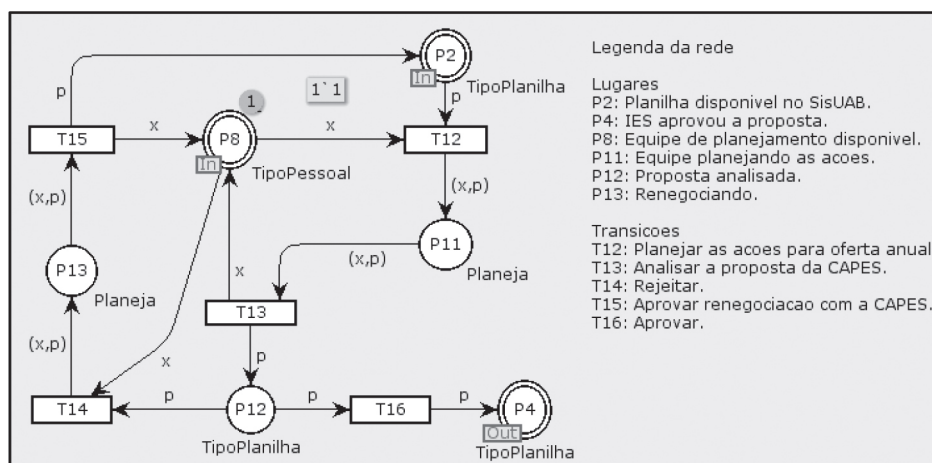


Figura 7. Sub-rede negociação.

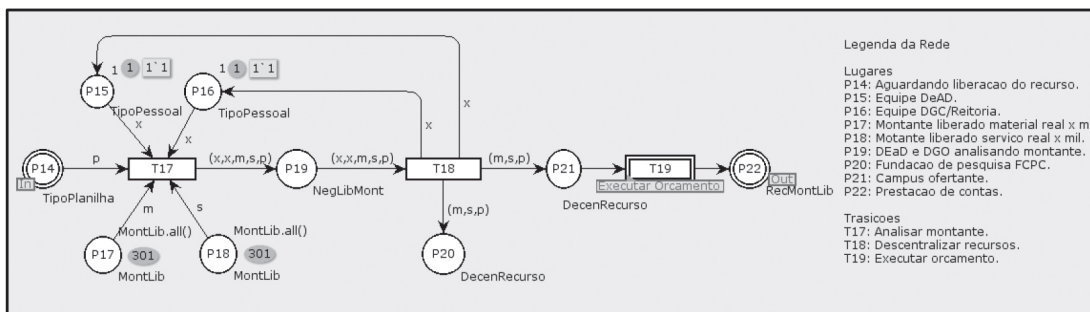


Figura 8. Sub-rede execução.

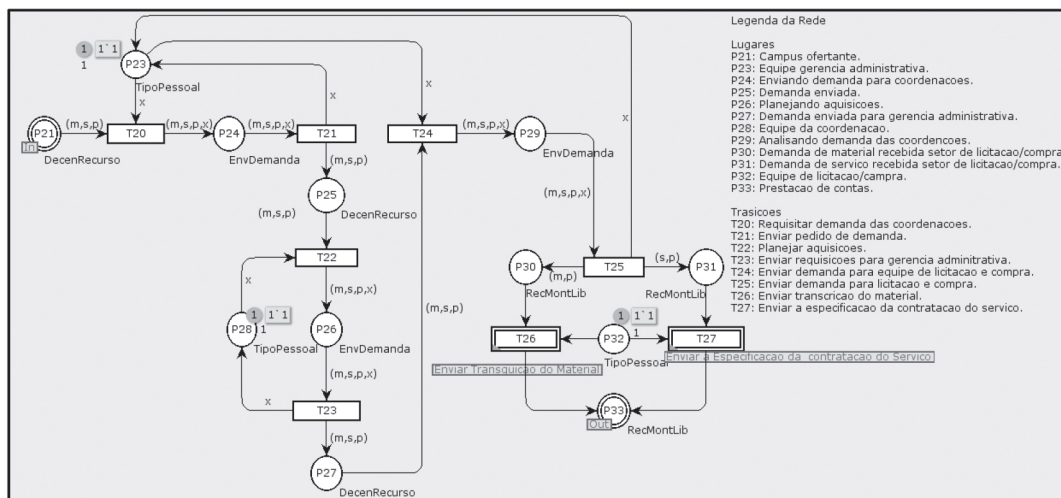


Figura 9. Executar orçamento.

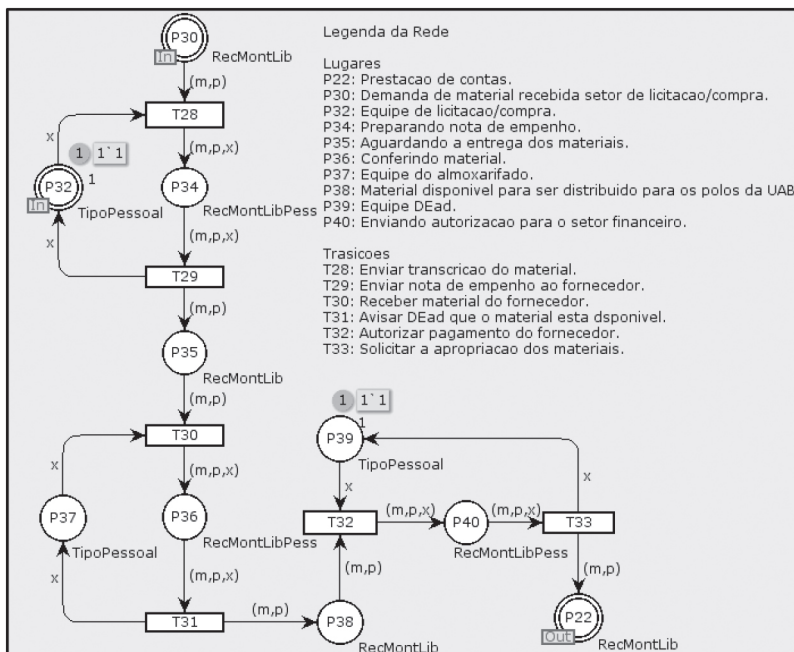


Figura 10. Enviar transcrição do material.

Na Figura 10, são modeladas as atividades para compra de materiais. Tais atividades ocupam principalmente recursos do setor administrativo do campus ofertante responsável pela licitação e do setor de almoxarifado e patrimônio, ficando sob a responsabilidade da equipe de diretoria de educação a distância a autorização para pagamento dos materiais fornecidos.

A Figura 11 apresenta as atividades para contratação de serviços. Os recursos envolvidos são principalmente a equipe do setor administrativo responsável pela celebração dos contratos com os fornecedores de serviços.

Compete à equipe da DEaD o parecer para autorização de pagamento dos serviços prestados. As sub-redes representadas nas Figuras 10 e 11 ilustram o final do subprocesso de execução, finalizando a modelagem proposta.

### CONCLUSÃO

Este trabalho trata da modelagem em redes de Petri coloridas do processo de gestão administrativo-financeira, que faz parte de um dos pilares do modelo de gestão da EaD de uma instituição pública de ensino.

Na análise do modelo dos processos, identificaram-se falhas de comunicação entre a CAPES e a IES. Isso ocorria depois da oferta dos cursos ser aprovada pela CAPES. Visando eliminar esta falha

de comunicação, foi proposto durante a modelagem uma sub-rede denominada *Disponibilizar planilha no SisUAB*, a qual modela ações de acompanhamento da liberação da planilha financeira pela CAPES antes que seja iniciado qualquer planejamento por parte da IES. A modelagem proposta permitiu identificar pontos de melhorias no subprocesso de captação, evitando possíveis retrabalhos da equipe de planejamento.

O modelo permitiu também uma visualização gráfica do fluxo do processo físico-financeiro ajudando a equipe da IES nas ações de planejamento e execução dos recursos captados para oferta dos cursos na modalidade a distância. A modelagem auxiliou a equipe de gestão na distribuição adequada dos recursos (humanos, materiais, entre outros) ao longo das atividades que compõem o processo, o que impactou na melhoria da qualidade do ensino.

Outro ponto relevante refere-se à transformação de conhecimento tácito em conhecimento explícito. Dessa forma, a execução do processo físico-financeiro tornou-se menos dependente das pessoas envolvidas no próprio processo. Foi possível contribuir efetivamente com o planejamento, a organização e o controle, uma vez que foi sistematizado todo o funcionamento das diversas atividades que compõem o processo.

Como trabalho futuro, pretende-se modelar o subprocesso de prestação de contas, visto que está diretamente relacionado com o processo estudado.

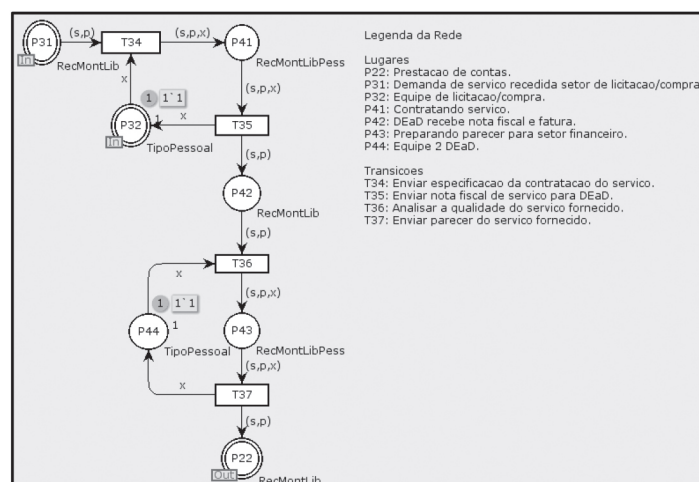


Figura 11. Enviar especificação contratação de serviço.



## REFERÊNCIAS

- [1] F.M. Litto e M. Formiga (Org). “Educação a distância: o estado da arte”. Pearson Education BR. 1a edição. São Paulo, Brasil. Vol. 1, p. 480. 2009. ISBN: 9788576051978.
- [2] C. Valente e J. Mattar. “Second Life e Web 2.0 na Educação – o potencial revolucionário das novas tecnologias”. Novatec. 1a edição. São Paulo, Brasil. Vol. 1, p. 280. 2007. ISBN: 8575221477, 9788575221471.
- [3] D. Mill, N.D. Brito, A.R. Silva e F.A. Almeida. “Gestão da Educação a Distância (EaD): Noções sobre planejamento, organização, direção e controle da EaD”. Vertentes (UFSJ). Vol. 35 Nº 1, pp. 9-23. Agosto de 2010. ISSN: 01048473.
- [4] A.S. Sartori e J.A. Roesler. “Educação Superior a Distância: gestão da aprendizagem e da produção de materiais didáticos impressos e *on-line*”. Tubarão: Unisul. 1a edição. Santa Catarina, Brasil. Vol. 1, p. 164. 2005. ISBN: 8586870404, 9788586870408.
- [5] B.G.S. Araújo, C.R. Joye, Z.S. Vieira e R.T.S. Araújo. “A gestão em EAD no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE”. IV CONNEPI. Belém, Brasil. 09-11 de dezembro de 2009.
- [6] R. Paim. “As tarefas para a gestão de processos”. 2007. 454 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil. 2007.
- [7] K. Jensen e M.L. Kristensen. “Coloured Petri Nets: Modeling and Validation of Concurrent Systems”. Springer. 1a edição. Berlin, Alemanha. Vol. 1, p. 396. 2009. ISBN: 9783642002830.
- [8] M. HAN. “New Technology of Distance Education in China”. International Conference on Computer Science and Service System (CSSS). Najing, China. 27-29 de Junho de 2011.
- [9] A.A. Ferreira, A.C.F. Reis e M.I. Pereira. “Gestão Empresarial: de Taylor aos nossos dias Evolução e Tendências da Moderna Administração de Empresas”. Cengage Learning. 1a edição. São Paulo, Brasil. Vol. 1, p. 256. 2002. ISBN: 8522100985.
- [10] X. Hong. “On Application of Project Management in Distance Education”. International Conference on E-Business and E-Government (ICEE). Shanghai, China. 6-8 de maio de 2011.
- [11] J.M. Juran. “Planejando para a Qualidade”. Pioneira. 2a edição. São Paulo, Brasil. Vol. 1, p. 394. 1992.
- [12] J. Albuquerque. “Flexibilidade e Modelagem de Processos de Negócio: uma relação multidimensional”. Revista de Administração de Empresas. Vol. 52 Nº 3, pp. 313-329. Junho de 2012. ISSN: 00347590.
- [13] F. Walter e U. Gotze. “Towards a Model of process-oriented Core Competence Management”. In: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management – ICIEOM. Salvador, Brasil. 6-9 de out. de 2009. URL: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TI\\_ST\\_097\\_655\\_14032.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TI_ST_097_655_14032.pdf)
- [14] M.E.S. Araújo. “Sistêmica para Avaliação de Desempenho na Prestação de Serviços: O Caso do Processo de Novas Ligações em empresa de Distribuição de Energia Elétrica”, p. 150 f. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção. UFPB. Brasil. 2011.
- [15] BRASIL, Decreto-lei Nº 5.800, de 8 de junho de 2006. Presidência da República, Casa Civil, Brasília, DF. Brasil. Acesso em: 28 abr.2013. URL:[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato20042006/2006/Decreto/D5800.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20042006/2006/Decreto/D5800.htm)
- [16] D.M.A. Lima. “Institucionalização da EaD no ensino superior: desafios e estratégias”. Acesso em: 28 de abril de 2013. URL: [http://sistemas3.sead.ufscar.br/ojs/Apresentacao\\_SIED\\_EnPED\\_Denise%20Martins%20de%20ABREU%20E%20LIMA.pdf](http://sistemas3.sead.ufscar.br/ojs/Apresentacao_SIED_EnPED_Denise%20Martins%20de%20ABREU%20E%20LIMA.pdf)
- [17] BRASIL, Decreto Nº 5.622, de 19 de dezembro DE 2005. Presidência da República, Casa Civil, Brasília, DF. Brasil. Acesso em: 28 de abril de 2013. URL: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/decreto/D5622.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/decreto/D5622.htm)
- [18] J.L. Peterson. “Petri Net Theory and the Modeling of System”. Prentice-Hall. 1a edição. New Jersey, EUA. Vol. 1, p. 290. 1981. ISBN: 0136619835.
- [19] C.G. Cassandras e S. Lafortune “Introduction to Discrete Event System”. Kluwer Academic Publishers. 1999. ISBN 0792386094.
- [20] J.D. Ullman “Elements of ML Programming”. Prentice Hall. 2a Edição, p. 383. 1998. ISBN: 9780137903870.
- [21] K. Jensen. “Coloured Petri Nets: basic concepts, analysis, methods and practical use”. 2. ed., EACTS - Monographs on Theoretical Computer Science. 1992.