



# Superestimado ou subestimado? Definindo o Tamanho Adequado do Parque Computacional para o Processamento de Transações Eletrônicas

Alexandre Andrade, *Mestrando em Computação Aplicada, Unisinos,*

Tiago Jost, *Mestrando em Computação Aplicada, Unisinos,*

Rodrigo da Rosa Righi, *Doutor em Ciência da Computação, Unisinos,*

Leonardo Chiwiacowsky, *Doutor em Ciência da Computação, Unisinos,*

Cristiano André da Costa, *Doutor em Ciência da Computação, Unisinos*

**Resumo**—Transações eletrônicas financeiras (TEF) representam uma realidade em expansão que impulsiona a aproximação entre consumidores e fornecedores. Cada transação é enviada a um centro de processamento, que a decodifica, executa e retorna os seus resultados o mais breve possível. Nesse contexto, o presente artigo apresenta uma proposta de fluxograma genérico de procedimentos que visa mensurar a quantidade de máquinas necessárias num centro de processamento para que não ocorram perdas de transações. Para tal, os procedimentos compreendem a identificação da taxa de transações por segundo (TPS), definida de acordo com o momento de maior pico num determinado período, e a modelagem do serviço de atendimento. Implementação e testes foram baseados em dados reais da empresa de processamento de transações GetNet e permitiram avaliar o parque de máquinas dessa empresa até 2016, com base num fluxo transacional que cresce 20% ao ano. Por fim, o fluxograma proposto é pertinente nos cenários atuais de *Big Data*, onde cada vez mais são tomadas decisões com base em estudos formais em detrimento daquelas com fundamentação meramente empírica.

**Palavras-chave**—Desempenho, Simulação, Utilização de Recursos e Transações Eletrônicas Financeiras

## Oversized or Undersized? Defining the Right-sized Computer Center for Electronic Funds Transfer Processing

**Abstract**—Electronic Funds Transfer (EFT) represents an upward trend, which fosters the proximity among consumers and suppliers. Each transaction is sent to a Computer Center, in charge of decoding, processing and returning the results as fast as possible. In this way, this paper presents a flowchart of generic procedures which measures the number of machines required in the processing center for not occurring lost of transactions. Such procedures include both the identification of the transactions per second (TPS) rate, which is defined in the moment of highest peak in a given period, and the modeling of the processing service. We emphasized both the implementation and

tests phases because they were based on real data obtained by traces collected at the GetNet Company. The tests allowed us to observe machine infrastructure of this company until 2016, by improving the transactions flow 20% per year. Finally, the proposed flowchart is relevant in current scenarios of Big Data, where more and more decisions are made based on formal studies instead of empirical actions merely.

**Index Terms**—Performance, Simulation, Resource Usage, Electronic Funds Transfer

## I. INTRODUÇÃO

SISTEMAS de roteamento e processamento de requisições financeiras são elementos fundamentais de uma rede de transações eletrônicas [1, 14]. Normalmente, uma transação eletrônica está aliada a uma requisição de compra ou saldo e percorre um caminho de ida e volta desde o terminal até um centro de processamento. Um terminal pode ser representado por um ponto de venda (POS ou *Point of Sale*), Transferência Eletrônica de Fundos (TEF), caixa eletrônico (ATM ou *Automatic Teller Machine*), bem como por dispositivos móveis [16]. Quanto às transações, por sua vez, é possível destacar aquelas referentes a operações de cartões de crédito e débito, saldo, recarga de telefonia pré-paga e cartões de transporte público, bem como as demais usadas para saque e depósito no sistema bancário. Cada um desses tipos possui requisições próprias de CPU e acesso a banco de dados, podendo usar diferentes subsistemas dentro do centro de processamento.

A Figura 1 ilustra a organização tradicional de um centro de processamento de transações [6, 14, 21]. Normalmente, ele é composto de um comutador, máquinas Atendedoras e subsistemas internos. O comutador recebe transações dos terminais de entrada e realiza o escalonamento de cada uma delas para processamento em uma das máquinas Atendedoras. Os sistemas de saída nessa figura dizem respeito a empresas alvo de cada transação. Com o intuito de suportar um volume transacional crescente nos dias de hoje e uma melhor experiência para o usuário

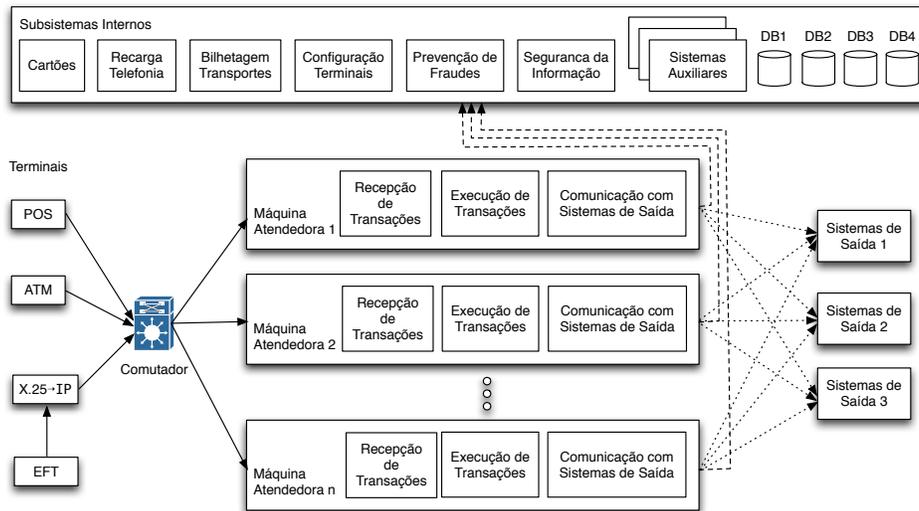


Fig. 1. Plataforma comum para o processamento de transações eletrônicas, onde um comutador recebe transações de terminais e as repassa para processamento em máquinas Atendedoras. Cada uma pode fazer uso de subsistemas internos e contata sistemas de saída caso a transação em processamento necessite o uso de sistemas externos para sua efetivação

final, os seguintes objetivos são destacados no tratamento das requisições: (i) alto desempenho no processamento das transações com menor custo computacional possível e; (ii) alta disponibilidade para evitar perda de transações. Esses dois objetivos passam por um eficiente escalonamento de transações, feito pelo elemento comutador e/ou a análise da escalabilidade da solução corrente para o processamento de dados. Uma vez que a abordagem mais comum de escalonamento em ambientes de transações eletrônicas é o Round-Robin [21], o número de máquinas Atendedoras acaba sendo o fator mais decisivo para informar a vazão de transações suportadas nos momentos de pico.

Diante da tarefa do dimensionamento adequado de máquinas Atendedoras que serão usadas para o tratamento de requisições, a seguinte sentença problema se faz pertinente: *dada uma taxa de entrada, medida em transações por segundo, qual o número adequado de máquinas Atendedoras para suportá-las sem ocorrência de perdas de transações?* Dada a característica do problema, faz-se necessária a análise da maior carga suportada, pois o sistema transacional deve estar apto a atender a mais alta demanda a qualquer momento [14]. O que ocorre muitas vezes, é superestimar o número de máquinas Atendedoras empiricamente, o que garante o atendimento pleno de transações, mas também acarreta um maior custo financeiro e energético para o centro de processamento.

Nesse contexto, o presente artigo apresenta um modelo para a definição da infraestrutura em um sistema para processamento de transações eletrônicas. Em especial, tal modelo é representado por um fluxograma de procedimentos genéricos. A sua saída expressa a quantidade mais adequada de máquinas Atendedoras para suportar uma determinada demanda de entrada e atendimento. Ademais, essa saída também depende de uma característica peculiar de sistemas de transação eletrônica, o tempo máximo para que uma transação seja atendida antes de ser descartada. Esse tratamento define o diferencial do

modelo apresentado frente a trabalhos relacionados [1, 13, 14, 21]. A análise realizada não está limitada ao ramo de transações eletrônicas, uma vez que cenários onde há limites para o atendimento também se repetem em situações como em uma fila de clientes de uma agência bancária [20].

Além do próprio fluxograma, o artigo descreve a sua implementação através do emprego de modelagem de sistemas e simulação. Diferentemente de trabalhos relacionados [8, 21], a proposta apresentada se destaca pela sua capacidade em prever a infraestrutura de máquinas em função do crescimento da empresa (aumento na taxa de transações por segundo que chegam ao sistema). Os testes foram realizados com o emprego de dados reais obtidos a partir de um dos centros de processamento da empresa GetNet (empresa que atua na América Latina no ramo de negócios com transações eletrônicas).

O presente artigo está organizado em 6 seções. A próxima seção descreve o funcionamento geral de um sistema de transações típico. A Seção 3 apresenta o fluxograma de procedimentos usado para estimar a quantidade de máquinas Atendedoras em função da demanda. As Seções 4 e 5 apresentam a metodologia de testes e os resultados obtidos, respectivamente. A Seção 6, por sua vez, discute alguns trabalhos relacionados, enquanto que a Seção 7 apresenta a conclusão do artigo, onde são enfatizadas as principais contribuições do presente trabalho.

## II. SISTEMA DE TRANSAÇÕES ELETRÔNICAS

O comércio eletrônico é uma realidade que está cada vez mais presente na atual sociedade de consumo [7, 10, 16]. Para viabilizá-lo, uma prática corriqueira é o uso de cartões para transferência de fundos e para auxiliar na automatização de tarefas antes feitas de forma mecânica ou manual. Esse processo acaba ocasionando a chegada de transações nas empresas de processamento conveniadas com cada um dos tipos de cartão. Uma transação

financeira engloba uma série de trocas de mensagens. Elas compreendem as tarefas de registro e controle do status de uma transação, garantia da integridade dos dados do portador do cartão, além da correta operação e contato com a empresa alvo da transação [1]. Um centro de processamento típico compreende módulos como aqueles ilustrados na Figura 1. A eficiente interação entre os módulos e esquemas de redundância é crítica para que sejam mantidos índices aceitáveis de desempenho. Sem um tratamento adequado dessas questões, é possível que ocorra a interrupção de algum dos subsistemas e com isso a perda de uma grande quantidade de transações.

Um sistema de transações financeiras apresenta uma curva de carga que segue o padrão de comportamento de consumo da população. Este comportamento se caracteriza por uma alternância entre períodos de alto, médio e baixo volume de transações [21]. Tipicamente, períodos que antecedem feriados e próximos ao dia de pagamento têm um volume mais acentuado de compras. O volume de mensagens é medido em número de transações por segundo, ou TPS. Na Figura 2, observa-se o comportamento típico do volume de transações que ocorrem em um dia com comércio aberto. O gráfico foi obtido através de registros de mensagens de solicitação de compra sobre um sistema de processamento de uma empresa que presta serviços de transações eletrônicas. Durante as primeiras horas do dia, o volume é reduzido e se mantém neste patamar até aproximadamente 07h00min. A partir desse momento, há picos perto das 12h00min e 19h00min. Os picos dizem respeito aos horários de almoço e saída do trabalho. Com base nessas informações, um sistema transacional precisa ser dimensionado para atender aos períodos de baixa demanda e também apresentar os mesmos níveis de disponibilidade e desempenho nos momentos de pico.

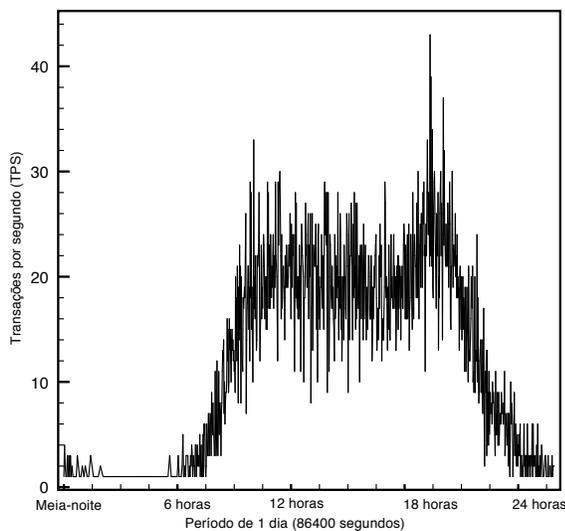


Fig. 2. Fluxo transacional capturado pela empresa GetNet no dia útil de maior momento no ano de 2011, no mês de dezembro. O gráfico indica o maior número de transações por segundo no período entre 12h00min e 19h00min

O tamanho médio de uma mensagem de solicitação de

compra com cartão de crédito é de cerca de 200 bytes. Tal transação segue o protocolo ISO 8583, que é usado pelo mercado como leiaute padrão de transações financeiras eletrônicas [6]. Ao serem recebidas pelo sistema, estas solicitações de compra são tratadas por diversos subsistemas internos (veja organização da arquitetura transacional na figura 1). Nestes sistemas são feitas validações a respeito do cadastro dos estabelecimentos, limites de crédito e uma série de controles para garantir a integridade das informações antes de proceder, de fato, com a solicitação de débito do cartão. Cada um destes subsistemas internos atua sobre cada transação e influenciará, diretamente, no desempenho do processo como um todo. Se algum destes não responder às solicitações dentro do tempo especificado, isto afeta o tempo total de uma transação. Como resultado, há uma percepção direta do consumidor que está realizando a compra. Numa situação mais indesejável, pode acontecer a repetição do procedimento caso expire o tempo limite de processamento (*timeout*).

O mau funcionamento de um subsistema interno pode acarretar outros problemas ao sistema de transações. Em decorrência do elevado tempo de resposta de um subsistema interno, o módulo do sistema responsável pelo recebimento das transações fica sujeito a um enfileiramento de mensagens nos *buffers* de entrada. Estas mensagens de solicitação permanecem em fila aguardando para serem tratadas e encaminhadas adiante. Contudo, este enfileiramento pode atingir os limites de tamanho dos *buffers* e há a interrupção do sistema com a perda de mensagens de entrada [21, 22]. Nesse sentido, a situação de um *crash* no sistema transacional representa perdas de grande impacto para a empresa prestadora do serviço. Além do prejuízo financeiro imediato, contabilizado com as perdas de transações, também haverá prejuízo relacionado à imagem da empresa frente ao mercado de cartões.

O módulo do sistema que é responsável pelo recebimento das transações, e posterior encaminhamento para tratamento nos demais módulos, é denominado Atendedor (Figura 1). Este módulo também realiza uma uniformização dos diferentes protocolos oriundos de meios de captura distintos, tais como POS, TEF, URA (Unidade de Resposta Audível) e transações feitas a partir de dispositivos móveis (*Mobile Payment*). Todos os demais módulos do sistema são diretamente dependentes do correto serviço prestado na entrada. Dessa forma, esse ponto se caracteriza por elevada demanda e alta criticidade.

O comutador recebe as requisições através de dois protocolos distintos. Para os equipamentos TEF, a transação é recebida em um *link* de comunicação X.25. Tal protocolo orientado a conexão é padrão das redes de TEF no Brasil [21]. Este *link* é ligado fisicamente a uma placa X.25. Uma vez que as transações são lidas pela aplicação, são convertidas imediatamente para o protocolo TCP/IP e enviadas para alguma das máquinas de processamento. O outro protocolo de entrada das transações é o TCP/IP, o qual é usado em equipamentos do tipo POS e URA, bem como naqueles que se comunicam através das tecnologias GPRS (*General Packet Radio Service*) e Ethernet [18].

Particularmente, para POS com comunicação através de linha discada *dial-up* existe um hardware que executa a conversão do protocolo de entrada X.28/SDLC para o padrão TCP/IP [18]. Assim, o Atendedor não faz distinção entre os diferentes tipos de POS que chegam ao sistema, já que todos conectam-se da mesma maneira.

### III. FLUXOGRAMA PARA ANALISAR A INFRAESTRUTURA DE UM SISTEMA DE TRANSAÇÕES ELETRÔNICAS

DEVIDO à natureza do sistema em estudo, é verificada a existência de horários de pico de demanda. Consequentemente, há uma diferença nos fluxos de entrada no transcorrer do período de serviço, caracterizando um sistema com oscilações. Em adição, há uma flutuação no tempo de processamento de transações pelas Atendedoras que não pode ser previsto a priori, uma vez que podem depender de subsistemas internos e sistemas de saída os quais possuem comportamentos dinâmicos. Sabe-se somente que há um limite máximo de tempo, dentro do sistema de processamento, para que uma transação não seja descartada. Por estas razões, não é possível o emprego dos modelos matemáticos da Teoria de Filas na análise do sistema em estudo [11]. Os modelos matemáticos da Teoria de Filas só podem ser aplicados a sistemas que tenham atingido o seu estado de equilíbrio ou regime permanente, isto é, sistemas nos quais se verifique um comportamento padrão por um longo período de tempo [5].

A Figura 3 ilustra a proposta de fluxograma para analisar a quantidade de máquinas Atendedoras em um sistema transacional. A análise começa pela definição do dia e do período que o sistema será avaliado. Recomenda-se a escolha de um dia com alto volume transacional para garantir uma análise do pior caso. Trabalhos relacionados fazem suas análises com amostras coletadas nos últimos dias do ano, visto que tal período, geralmente, representa um maior volume de negócios [8, 9]. Quanto ao período, é pertinente a verificação do sistema durante 24 horas e a determinação dos picos nesse intervalo. Na sequência, o fluxograma segue com as ações de captura dos dados relevantes para o processamento de transações, como os eventos de chegada e atendimento de transações. Esses dados podem ser viabilizados pela técnica de *profiling* no comutador de entrada de transações e em cada uma das máquinas Atendedoras.

A análise da chegada de transações passa pela verificação da frequência, isto é, o número de transações que entram na empresa de processamento por segundo (TPS). A taxa TPS representa uma métrica comum para o tratamento desse tipo de sistema [21]. Com base nisso, é capturado o maior valor obtido para TPS, uma vez que um sistema transacional deve ser dimensionado para o pior caso. Em outras palavras, o trabalho com a taxa média de TPS retrata um cenário não viável. Embora o sistema responda satisfatoriamente a maioria do tempo, podem ocorrer perdas de transações com a adoção do valor da taxa média para a modelagem transacional.

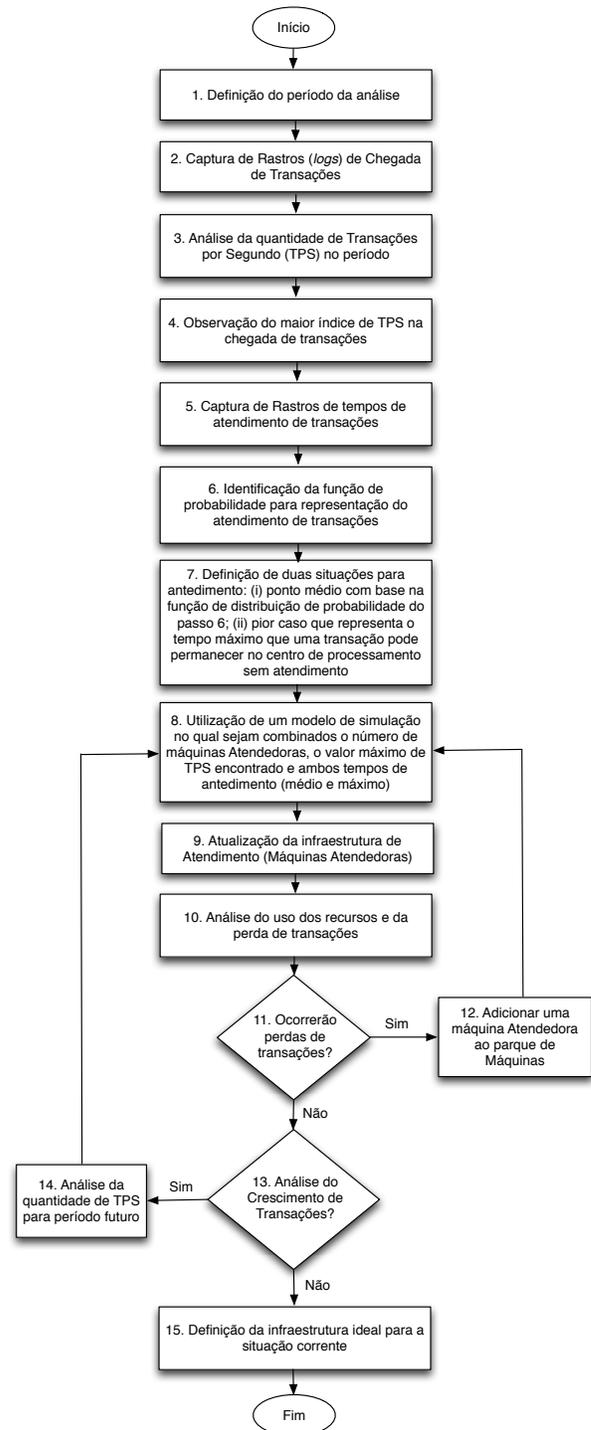


Fig. 3. Fluxograma para análise das máquinas Atendedoras num centro de processamento de transações eletrônicas

O passo 5 do fluxograma, mostrado na Figura 3, representa a ação de captura do tempo de atendimento de cada uma das transações durante o período avaliado. Nesse ponto, adota-se um intervalo para verificar a frequência relativa de atendimento. Por exemplo, com uma largura de intervalo de 0.4 segundos, verifica-se a quantidade de transações com duração no intervalo  $[0,0.4]$ , depois no intervalo  $[0.4,0.8]$  e assim por diante. Com base nesses

dados, faz-se a identificação de uma função de probabilidade com maior adequação ao histograma de frequências construído. Um software tradicional para essa tarefa de testes de aderência é o EasyFit<sup>1</sup>. O EasyFit permite verificar o tempo médio de atendimento, que pode ser usado para mensurar a quantidade de máquinas Atendedoras. Em adição, é comum em sistemas de processamento de transações o estabelecimento de um limite máximo de tempo que uma transação pode permanecer no sistema. Nessa linha, testes que consideram o pior caso de atendimento levam a uma configuração diferente no parque de máquinas.

O passo 8, na Figura 3, é responsável pela modelagem do cenário transacional e de sua execução através do emprego de um simulador. Até esse ponto, tem-se dados relativos à quantificação da chegada em TPS, ao tempo médio e máximo de atendimento de transações e ao número atual de máquinas Atendedoras. As transações são despachadas para as máquinas Atendedoras segundo o regime FIFO (*First In First Out*). A simulação resulta no percentual de utilização das máquinas Atendedoras e no percentual de ocorrência de perdas perante o total de transações submetidas. Os passos 11 e 13 avaliam a necessidade de reconfiguração do modelo transacional. Se necessário, os passos 12 e 14 alteram a quantidade de máquinas Atendedoras e a taxa de chegada de transações, respectivamente. Em especial, essa última opção é pertinente para mensurar o tempo de vida da infraestrutura. Em outras palavras, uma vez que não há perda de transações ao ser empregado o tempo médio ou máximo de atendimento, pode-se assumir um aumento na taxa de chegada de transações e realizar a avaliação novamente. Uma vez que a empresa planeje um crescimento anual quanto ao recebimento de transações eletrônicas, é possível prever o índice de TPS esperado para cada ano e verificar se o sistema suporta ou não a demanda. Por fim, a atividade de número 15 define o número adequado de máquinas Atendedoras para as situações previamente configuradas.

#### IV. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO

**B**ASEADO no fluxograma da Figura 3, foi realizada uma implementação utilizando dados reais obtidos junto com uma empresa no ramo de transações financeiras chamada GetNet. A estimativa dos parâmetros para os testes foi realizada assumindo-se dois diferentes tipos de transações, que correspondem a aproximadamente 90% do volume transacional da empresa. Os dados verificados dizem respeito a transações de débito/crédito e recarga de telefonia pré-paga. O período adotado para o estudo foi de 08h00min até 22h00min, o que representa aproximadamente 92% do volume total de um dia de trabalho. O restante do período foi descartado, pois apresenta um volume muito baixo de transações, não representando um gargalo para o sistema atual. O dia escolhido para a coleta de dados foi o de maior movimento para o ano de 2011, no mês de dezembro. Desta maneira, a modelagem

do sistema foi feita com o objetivo de prepará-lo para a maior demanda verificada atualmente. O gráfico da Figura 2 ilustra a chegada de transações que será usada para avaliação.

A GetNet trabalha, atualmente, com 10 máquinas Atendedoras homogêneas e um comutador que recebe transações da marca CISCO modelo Catalyst 6500. Quanto ao valor máximo de TPS, foi adotado o valor 43 para os testes, uma vez que representa o valor máximo dentro do intervalo considerado (Figura 2). Na sequência, foi feita a modelagem para a estimativa da distribuição de probabilidade teórica que melhor descreve os tempos de serviço. Nesse contexto, foi empregado o software EasyFit para identificar a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta ao conjunto de dados de atendimento. A função indicada foi do tipo Normal com tempo médio de atendimento de 4,798 segundos e desvio padrão de 2,119 segundos, conforme Figura 4. Os valores obtidos através dos testes de aderência Chi-quadrado, Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling [11], não rejeitaram a hipótese de que a função teórica  $N(4,798;2,119)$  seja a mais adequada para representar os tempos de serviço.

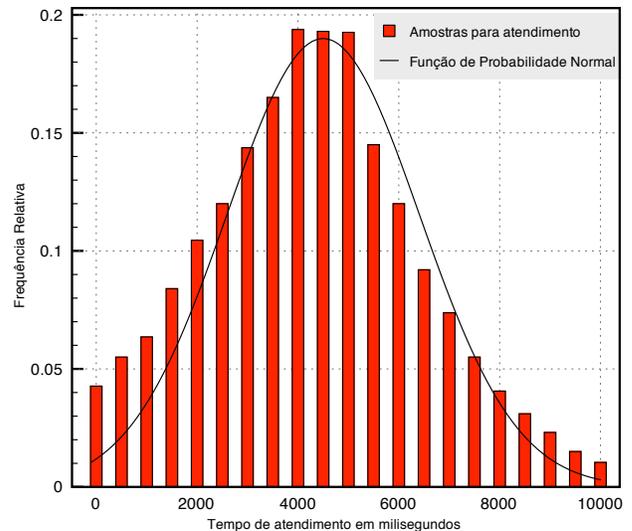


Fig. 4. Função de distribuição de probabilidade Normal  $N(4,798;2,119)$  para o atendimento de transações

Obtidos os modelos de entrada e processamento das transações, foi feita a análise de desempenho do sistema para diferentes situações de capacidade de processamento: (i) função normal de probabilidade com média 4,798s; (ii) pior caso ou exceção. Em especial, esse último caso é caracterizado pelo tempo fixo de 28 segundos. Esse é o limite adotado pela empresa GetNet para que uma transação seja processada. Ao superá-lo, uma mensagem de erro é retornada ao terminal do usuário. O modelo de simulação foi feito com o uso do software Rockwell Arena Simulator<sup>2</sup> [12]. A Figura 5 apresenta a modelagem utilizada para simulação. Quatro módulos foram desenvolvidos no Arena: (i) receptor de transações a uma taxa de 43 TPS

<sup>1</sup><http://www.mathwave.com>

<sup>2</sup><http://www.arenasimulation.com/>

(vide pico na Figura 2); (ii) despachante de transações que atua segundo o algoritmo Round-Robin; (iii) 10 máquinas Atendedoras que fazem o processamento e; (iv) excedente de transações que não pode ser processado. Tal excedente pode estar relacionado diretamente com cada uma das máquinas Atendedoras ou ainda, com a parte inicial do escalonamento. Caso todas as máquinas estiverem 100% ocupadas, uma transação é despachada para o módulo Excedente Geral. Em adição, uma transação pode já estar mapeada para execução em uma máquina destino, mas o seu tempo de espera excedeu 28s. Nessa situação, tal limite indica que a transação será descartada.

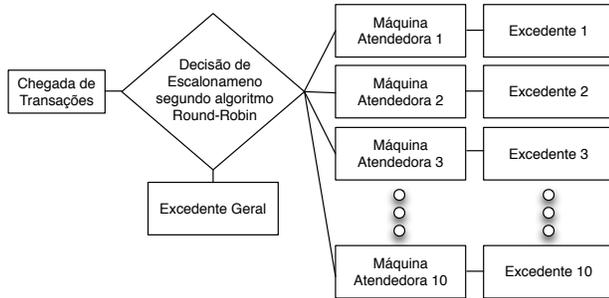


Fig. 5. Modelagem do sistema transacional com 10 máquinas Atendedoras no simulador Arena

Partindo de uma infraestrutura com 10 máquinas Atendedoras, foram desenvolvidos dois diferentes ensaios, descritos abaixo:

- Ensaio 1 - Simular a ocupação das máquinas Atendedoras e a perda de transações para a taxa de chegada de 43 TPS sobre ambos regimes de atendimento: média segundo distribuição de probabilidade Normal e de exceção;
- Ensaio 2 - Dado um crescimento anual de 20% na empresa GetNet com relação à chegada de transações, qual é o planejamento em termos de recursos computacionais que deve ser feito para que a empresa ofereça um atendimento sem perda de transações até 2016?

O número de transações processadas em cada ensaio corresponde a 50.000 e o tempo de processamento deste volume variou de acordo com os tempos de serviço e TPS de entrada. Para cada cenário simulado foram aplicados 10 execuções consecutivas e os resultados apresentados correspondem a uma média aritmética dos valores obtidos. O Ensaio 1 representa a situação corrente da empresa. Os valores de 43 TPS para a taxa de chegada e 28s para o tempo de atendimento máximo representam o pior caso no sistema transacional. Essa situação não é frequente, mas está sendo considerada pois cobre todas as demais possibilidades de entrada e atendimento para a situação corrente do centro de processamento de transações. O Ensaio 2 faz uma análise de possíveis modificações que precisam ser feitas na infraestrutura do sistema. Tais alterações são necessárias para manter satisfatório o nível de atuação da empresa nos próximos anos. Nesse sentido, são mantidos os índices de atendimento e variada a taxa

de TPS na entrada do sistema.

## V. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As Figuras 6 e 7 mostram os resultados médios sobre a ocupação do sistema transacional e a perda de transações num fluxo de chegada de 43 TPS, respectivamente. Essa análise diz respeito ao Ensaio 1 e leva em consideração as 10 máquinas Atendedoras da empresa GetNet. A ocupação de 100% dos recursos na Figura 6 implica em perda de transações. Nesse sentido, a configuração com tempo de atendimento de 4,8s pode ser viabilizada sem perda de transações com apenas 3 servidores. O índice de ocupação dos recursos, com essa configuração de atendimento, vai decrescendo na medida que aumenta a quantidade de recursos disponíveis. Quantitativamente, o uso de 10 máquinas Atendedoras denota uma taxa de 20% no uso do parque total de máquinas. Apesar do tempo de 4,8s para atendimento representar o tempo de serviço médio, ele não atende situações de pior caso. Para isso, a configuração com atendimento de 28s mostra uma ocupação de 100% para as 10 máquinas Atendedoras atuais da GetNet. Como ilustrado na Figura 6, o acréscimo de um servidor faz com que transações não sejam perdidas com a configuração de 28s para atendimento. Mais precisamente, 11 máquinas acarretam uma ocupação de 93% dos recursos.

A Figura 7 apresenta o percentual de perda de transações na chegada de 50000 transações num fluxo de 43 TPS. Os valores de 38,90% e 0,004% representam as perdas para a configuração com atendimento de 4,8s. Mais precisamente, o segundo percentual foi obtido com 2 máquinas e indica que somente 2 transações foram perdidas perante o montante submetido. A configuração de atendimento com o pior caso (ou de exceção) mostra que as perdas decrescem na medida que recursos vão sendo adicionados à infraestrutura de atendimento. Um total de 44851 e 39384 transações foram perdidas nessa configuração com o uso de 1 e 2 máquinas Atendedoras, respectivamente. Já os índices de 5,59% e 0,07% de perdas foram observados para o emprego de 9 e 10 máquinas, respectivamente. O valor de 0,07% representa uma perda de 35 transações. A inclusão do décimo primeiro recurso faz com que o índice de perdas chegue a zero.

A Tabela I apresenta os resultados do Ensaio 2, onde foi assumido o tempo de atendimento de transações igual a 4,8 segundos. Para cada ano, essa tabela mostra a quantidade de recursos a qual caracteriza uma situação com perdas de transações. Em adição, a análise dessa tabela permite constatar que o aumento no fluxo de chegada de transações resulta num aumento do número de perdas. Por consequência disso, há o aumento do número de recursos para sanar esse problema. Por exemplo, enquanto a configuração com 3 máquinas Atendedoras, para o ano de 2012, é suficiente para que não existam perdas no caso médio de atendimento, o ano de 2016 precisará de 4 delas para operar sem perdas. Levando em consideração que o estudo de caso abordado conta com 10 máquinas

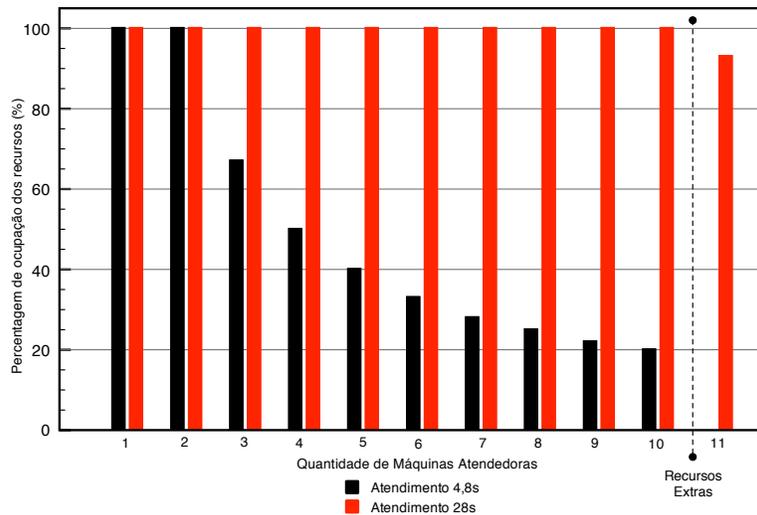


Fig. 6. Nível de ocupação dos recursos em ambas situações de atendimento com um fluxo de chegada de 43 TPS

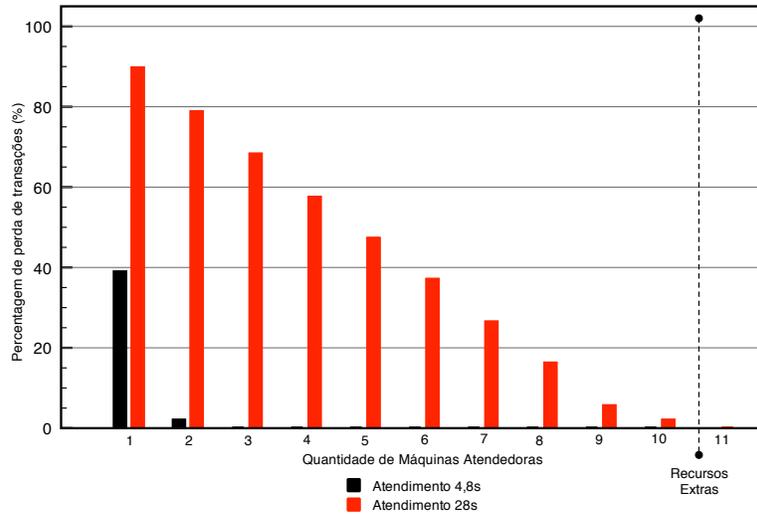


Fig. 7. Perda de transações considerando um fluxo transacional de 43 TPS e ambos regimes de atendimento

Atendedoras, os próximos 4 anos poderão ser atendidos plenamente com metade dessa infraestrutura, respectivamente.

A Figura 8 mostra a análise do Ensaio 2 para o tempo de Atendimento de 28s. A configuração atual de máquinas acarreta em descarte de transações para o ano de 2012 até 2016. Em adição, a análise da figura permite observar que a medida que há um aumento no período, aumenta-se o volume em TPS que chega ao sistema e também a quantidade de perdas de transações. Consequentemente, quanto mais próximo a 2016, maior a necessidade de recursos extras para operar totalmente sem perdas. O parque atual de máquinas retorna uma perda de 47.41% de transações para a projeção de atuação no ano de 2016. Para esse mesmo ano é necessário dobrar o número de máquinas Atendedoras para que não sejam descartadas transações. Mais precisamente, 1, 2, 5, 7 e 10 máquinas adicionais são necessárias para lidar com a carga de entrada de transações para os anos de 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016,

TABELA I  
PREVISÃO DO FLUXO DE ENTRADA DE TRANSAÇÕES POR SEGUNDO (TPS) E A QUANTIDADE DE MÁQUINAS ATENDEDORAS QUE APRESENTAM PERDA DE TRANSAÇÕES

Ano	TPS	Máquinas Atendedoras	Percentagem de Perda de transações
2012	43	1	38.90%
		2	0.004%
2013	51	1	47.82%
		2	0.16%
2014	61	1	52.67%
		2	12.90%
2015	73	1	63.73%
		2	27.86%
		3	0.05%
2016	88	1	70.40%
		2	40.86%
		3	12.33%

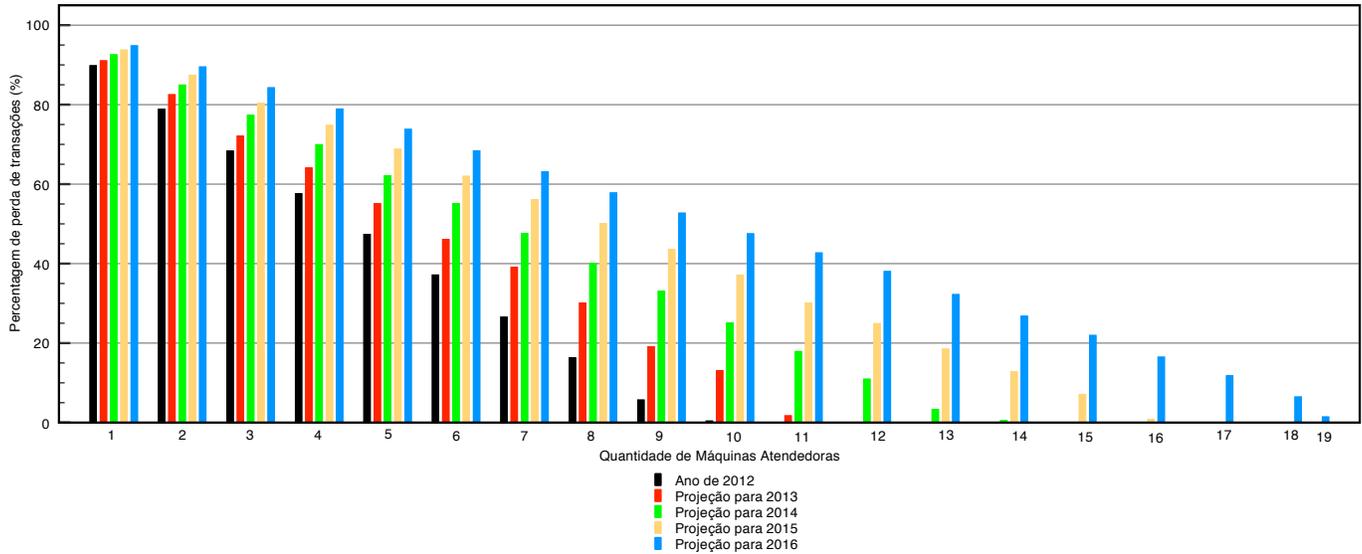


Fig. 8. Perda de transações considerando um regime de atendimento de 28s numa projeção até 2016. Para o ano de 2012, foi usada a taxa de 43 TPS. Trabalha-se com um acréscimo de 20% ao ano no volume de chegada de transações

## VI. TRABALHOS RELACIONADOS

MEIOS eletrônicos de pagamento são cada vez mais adotados, em detrimento da adoção de dinheiro em papel moeda e cheque [23, 25]. Além da conveniência para os consumidores, o uso de cartões eletrônicos beneficia instituições de comércio e facilita o acesso a aplicações e serviços na Internet. Virnes et al. [23] afirmam que essa transição aparece tanto nos bancos e sistemas de *e-commerce*, quanto na governança eletrônica, entretenimento, sistemas de saúde e dispositivos móveis. Um dos tópicos mais estudados em sistemas de transação eletrônica diz respeito a segurança da informação [18, 19, 24]. Vishik et al. [24] afirmam que tanto a transmissão segura de dados quanto a relação de confiança devem ser reanalisadas, na medida que sistemas embarcados e *smartphones* recebem espaço para lançar transações. Em especial, Sastre, Bacon e Herrero [18] discutem algoritmos de segurança otimizados, para atender diferentes meios de transmissão, como ADSL e GPRS.

Sousa et al. [21] apresentam um modelo estocástico para avaliação de desempenho e planejamento de recursos em sistemas de transferência eletrônica de fundos (TEF). Estes autores fazem um estudo do desempenho do modelo, levando em consideração características de dependibilidade como disponibilidade, confiabilidade, escalabilidade e segurança. Segundo eles, uma análise de um sistema TEF sem esses critérios pode levar a resultados imprecisos. Ainda, Sousa et al. relatam que os critérios mostrados anteriormente devem guiar o uso eficiente de recursos para que seja mantido o SLA (acordo de nível de serviço) com os clientes. Araújo et al. [1] afirmam que a análise de desempenho deve observar o pior caso de volume de chegada de transações, para ser verossímil com a realidade da empresa de processamento de dados. Para tal, eles adotaram Redes de Petri e fizeram uso de informações de acesso e armazenamento em disco, além do volume

transacional.

A análise formal de desempenho é aplicada nos mais diversos segmentos da computação paralela e distribuída. Desnoyers et al. [7] desenvolveram um sistema chamado Modellus, que permite modelar de forma automática o uso de *datacenters* na Internet. Modellus usa teoria de filas para derivar modelos de predição do uso de recursos pelas aplicações. Seu diferencial está concentrado na combinação de dados de diversas aplicações para inferir sobre o estado de um *datacenter*. Nessa mesma linha, a teoria de filas também é aplicada a redes sem fio de sensores em [3]. Outro trabalho contempla a avaliação de estratégias para escalonamento em grades computacionais usando rastros reais de cargas de trabalho [17]. Análise formal permite avaliar a eficiência dos algoritmos e o tempo médio de espera para a conclusão de cada trabalho (*job*).

Luan et al. [15] trabalham com grades computacionais e migração de *jobs*. Eles propuseram um arcabouço matemático para modelar e analisar o tempo de migração. Assim como a abordagem feita no fluxo transacional da GetNet, o artigo desses autores também faz uma estimativa de atuação futura. Eles observaram os possíveis ganhos com migração na execução de *jobs* com larga duração. A temática do pagamento móvel é discutida em [14]. Os autores desenvolveram uma plataforma baseada na camada SaaS (Software como Serviço) da computação em nuvens para viabilizar os negócios. Esse trabalho comenta a importância do dimensionamento de sistemas de processamento de transação para evitar perdas e fidelizar clientes.

A análise de predição de desempenho de um ambiente TEF passa pela definição da taxa média de chegada de transações. Para tal, são coletadas amostras com uma periodicidade  $t$  que irão guiar o cálculo dessa taxa. O artigo escrito por Tchrakian, Basu e Mahony [22] apresenta uma predição do fluxo de tráfego de veículos com base em séries

temporais. Para tal, eles usam um intervalo de coleta de dados de 15 minutos. O mesmo passo não pode ser aplicado em um sistema TEF, uma vez que pode desprezar um determinado pico de chegada de transações. O presente artigo leva essa análise em consideração e trabalha com intervalos de 1 segundo para a coleta de informações, tanto na chegada quanto no atendimento de transações eletrônicas.

Uma análise dos trabalhos relacionados permite a classificação dos trabalhos [1], [7] e [21] como sendo aqueles com maior relação com a proposta apresentada. Se comparado com [1] e [21], o modelo de simulações descrito nesse artigo se difere por trabalhar com o tempo máximo que uma transação pode permanecer no centro de processamento, o que remete a realidade do dia-a-dia dessas empresas. Ademais, o presente artigo merece destaque por tratar transações perdidas e fazer uma previsão do parque computacional para vários anos. Já os autores da proposta [7] empregam Teoria de Filas. Como dito na Seção 3, essa técnica não pode ser aplicada na situação real de transações eletrônicas. Os autores de tal trabalho estimam um tempo médio de atendimento e operam com um único valor nas suas avaliações.

## VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

**A**TUALMENTE, muitos pesquisadores definem o momento corrente da computação como a era do *Big Data* [2, 4]. O estado da arte nessa área mostra que, cada vez mais, empresas estão tomando decisões com base em observações formais e na combinação de grandes volumes de entrada de dados ao invés de análises empíricas. Nesse sentido, as principais contribuições desse artigo consistem num fluxograma de atividades para análise formal de um sistema de transações eletrônicas, bem como num modelo de simulações para assegurar a aplicabilidade desse fluxograma. Diferentemente da análise padrão de sistemas de simulação que observam a chegada e o atendimento a eventos, o fluxograma desenvolvido também leva em consideração o tempo limite para que uma transação seja completamente atendida. Assim, dados esses três parâmetros, obtém-se uma quantidade de máquinas Atendedoras que configura uma situação sem perda de transações. Em termos práticos, isso pode acarretar em duas ações: (i) usuários mais satisfeitos e maior uso de cartões eletrônicos e operações financeiras; (ii) redução de custos de energia elétrica e compra de equipamentos pela empresa de processamento, uma vez que recursos não precisam ser superdimensionados.

A parte de implementação do fluxograma proposto foi viabilizada com o software Arena e foi baseada em dados reais provenientes de registros da empresa GetNet. Os testes mostraram que a situação média de atendimento é suportada pela configuração corrente de recursos dessa empresa. Ela disponibiliza uma infraestrutura com 10 máquinas Atendedoras, na qual somente 4 máquinas seriam necessárias para atender a chegada de transações até 2016 nesse regime de atendimento. Em adição aos testes usando a média de 4,8s de uma distribuição normal, o

atendimento também foi avaliado com o valor de 28s. Esse índice representa o pior caso e sua análise foi pertinente, uma vez que ele compreende todos os demais casos de atendimento. Esse valor é pré-estabelecido pela empresa GetNet como um limite para que uma transação não seja descartada. Nessa situação, é possível observar que a infraestrutura corrente está defasada. A adição de 1, 2, 5, 7 e 10 máquinas Atendedoras, a cada ano, é necessária para oferecer um cenário sem perda de transações, assumindo o período de 2012 até 2016. Embora os testes usaram dados específicos da GetNet, é importante ressaltar que o modelo proposto também pode ser usado em outros ambientes que realizam o processamento de transações eletrônicas.

A título de trabalhos futuros, planeja-se o desenvolvimento de um escalonador para o módulo Comutador que atue de acordo com dados de computação, tamanho da fila e tempo de comunicação para atingir as máquinas Atendedoras. Em adição, planeja-se o desenvolvimento de um sistema de notificação, onde máquinas Atendedoras assincronamente avisariam o Comutador sobre situações de alerta.

## AGRADECIMENTOS

Esse trabalho de pesquisa é parcialmente financiado pela empresa GetNET e pelas seguintes instituições: CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul) e RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa).

## REFERÊNCIAS

- [1] C. Araujo, E. Sousa, P. Maciel, F. Chicout, and E. Andrade, "Performance modeling for evaluation and planning of electronic funds transfer systems with bursty arrival traffic," in *Intensive Applications and Services, 2009. INTENSIVE '09. First International Conference on*, 2009, pp. 65–70.
- [2] K. Bakshi, "Considerations for big data: architecture and approach," in *Aerospace Conference, 2012 IEEE*, 2012, pp. 1–7.
- [3] L. Berardinelli, V. Cortellessa, and S. Pace, "Modeling and analyzing performance of software for wireless sensor networks," in *Proceedings of the 2nd Workshop on Software Engineering for Sensor Network Applications*, ser. SESENA '11, New York, NY, USA: ACM, 2011, pp. 13–18.
- [4] S. Chaudhuri, "How different is big data?," in *Data Engineering (ICDE), 2012 IEEE 28th International Conference on*, 2012, p. 5. DOI: 10.1109/ICDE.2012.153.
- [5] R. B. Cooper, "Queueing theory," in *Encyclopedia of Computer Science*, Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd., 2002, pp. 1496–1498, ISBN: 0-470-86412-5. [Online]. Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1074100.1074749>.

- [6] N. Delic and A. Vukasinovic, "Mobile payment solution - symbiosis between banks, application service providers and mobile network operators," in *Information Technology: New Generations, 2006. ITNG 2006. Third International Conference on*, 2006, pp. 346–350.
- [7] P. Desnoyers, T. Wood, P. Shenoy, R. Singh, S. Patil, and H. Vin, "Modellus: automated modeling of complex internet data center applications," *ACM Trans. Web*, vol. 6, no. 2, 8:1–8:29, 2012.
- [8] C. Edwards, "Getting a purchase on christmas - it ecommerce," *Engineering Technology*, vol. 4, no. 21, pp. 54–56, 2010.
- [9] G. Girardi and M. Camargo, "Forecast production volume: a case study," in *Computers Industrial Engineering, 2009. CIE 2009. International Conference on*, 2009, pp. 1747–1750.
- [10] K. Hirotsugu, K. Mamoru, M. Tetsuya, and S. Kazuhiro, "An electronic money system as substitute for banknotes," in *Applications and the Internet (SAINT), 2010 10th IEEE/IPSJ International Symposium on*, 2010, pp. 316–319.
- [11] R. Jain, *The art of computer systems performance analysis - techniques for experimental design, measurement, simulation, and modeling*, ser. Wiley professional computing. Wiley, 1991, pp. I–XXVII, 1685–, ISBN: 978-0-471-50336-1.
- [12] W. Kelton, R. Sadowski, and D. Sturrock, *Simulation with Arena*, 4. ed., internat. ed., ser. McGraw-Hill series in industrial engineering and management science. Boston [u.a.]: McGraw-Hill Higher Education, 2007, XXIII, 630, ISBN: 978-0-07-110685-6. [Online]. Available: [http://gso.gbv.de/DB=2.1/CMD?ACT=SRCHA&SRT=YOP&IKT=1016&TRM=ppn+548108498&sourceid=fbw\\_bibsonomy](http://gso.gbv.de/DB=2.1/CMD?ACT=SRCHA&SRT=YOP&IKT=1016&TRM=ppn+548108498&sourceid=fbw_bibsonomy).
- [13] H. Kinoshita, T. Morizumi, and K. Suzuki, "Financial securitization with digital rights management system," *Applications and the Internet, IEEE/IPSJ International Symposium on*, vol. 0, pp. 197–200, 2009. DOI: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/SAINT.2009.75>.
- [14] L. Liu, M. Song, X. Luo, H. Bai, S. Wang, and J. Song, "An implementation of the online-payment platform based on saas," in *Web Society (SWS), 2010 IEEE 2nd Symposium on*, 2010, pp. 658–662.
- [15] F. Luan, M. Nygård, and T. Mestl, "A mathematical framework for modeling and analyzing migration time," in *Proceedings of the 10th annual joint conference on Digital libraries*, ser. JCDL '10, New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 323–332.
- [16] H. Matbouli and Q. Gao, "An overview on web security threats and impact to e-commerce success," in *Information Technology and e-Services (ICITeS), 2012 International Conference on*, 2012, pp. 1–6.
- [17] S. N. Mehmood Shah, A. K. B. Mahmood, and A. Oxley, "Analysis and evaluation of grid scheduling algorithms using real workload traces," in *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems*, ser. MEDES '10, New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 234–239.
- [18] R. Sastre, S. Bascon, and F. Herrero, "New electronic funds transfer services over ip," in *Electrotechnical Conference, 2006. MELECON 2006. IEEE Mediterranean*, 2006, pp. 733–736.
- [19] P. Seltzikas, G. Marsh, M. Frazier-McElveen, and T. J. Smedinghoff, "Secure government in cyberspace?," in *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times*, ser. dg.o '11, College Park, Maryland: ACM, 2011, pp. 359–361.
- [20] L. Sesera, "Applying fundamental banking patterns: stories and pattern sequences," in *Proceedings of the 15th European Conference on Pattern Languages of Programs*, ser. EuroPLoP '10, Irsee, Germany: ACM, 2010, 1:1–1:30, ISBN: 978-1-4503-0259-3. DOI: 10.1145/2328909.2328911. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/2328909.2328911>.
- [21] E. Sousa, P. Maciel, C. Araujo, and F. Chicout, "Performability evaluation of eft systems for sla assurance," in *Parallel Distributed Processing, 2009. IPDPS 2009. IEEE International Symposium on*, 2009, pp. 1–8.
- [22] T. Tchakian, B. Basu, and M. O'Mahony, "Real-time traffic flow forecasting using spectral analysis," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 13, no. 2, pp. 519–526, 2012.
- [23] J. Vines, M. Blythe, P. Dunphy, and A. Monk, "Eighty something: banking for the older old," in *Proceedings of the 25th BCS Conference on Human-Computer Interaction*, ser. BCS-HCI '11, Swinton, UK, UK: British Computer Society, 2011, pp. 64–73.
- [24] C. Vishik, A. Rajan, C. Ramming, D. Grawrock, and J. Walker, "Defining trust evidence: research directions," in *Proceedings of the Seventh Annual Workshop on Cyber Security and Information Intelligence Research*, ser. CSIIRW '11, New York, NY, USA: ACM, 2011, 66:1–66:1.
- [25] L. Xiaoqing, W. Weiqing, and Z. Liwei, "The mechanism analysis of the impact of ecommerce to the changing of economic growth mode," in *Robotics and Applications (ISRA), 2012 IEEE Symposium on*, 2012, pp. 698–700.