

Impactos da reforma tributária: avaliando a influência do novo Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) na reconfiguração da malha logística brasileira

Hugo Tsugunobu Yoshida Yoshizaki¹ e Luiz Eduardo Wilbert Albernaz Andrade²

Resumo: A Reforma Tributária em trâmite no Congresso Nacional modificará o Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Este trabalho analisa, através de um modelo de programação linear inteira, quais serão os possíveis impactos que a proposta de reformulação do ICMS (também conhecido por Novo ICMS) pode ter na configuração da logística atual de bens de consumo, que hoje sofre com o turismo fiscal, ou seja, o fluxo artificialmente gerado por certos membros do canal de distribuição que se beneficiam da informalidade. Conclui-se que a mudança proposta vai impactar de forma moderada na ineficiência logística atual ocasionada pelo ICMS, apesar de algumas mudanças na rede logística serem bem visíveis. DOI:10.4237/transportes.v20i2.550.

Palavras-chave: planejamento de rede logística, ICMS, reforma tributária.

Abstract: The Tax Reform pending in Congress will modify the Tax on the Circulation of Goods and Services. This paper examines, through an integer linear programming model, what are the possible impacts that the proposed amendments to the ICMS (also known as New ICMS) can have in shaping the current logistics of consumer goods, which now suffers from the tax tourism, which are flows artificially generated by this tax structure for certain members of the distribution channel that benefit from informality. It is concluded that the proposed change will impact moderately on current logistical inefficiencies caused by the ICMS, despite some changes in the logistics network are clearly visible.

Keywords: logistic network planning, State Sales tax, tax reform.

1. INTRODUÇÃO

No contexto atual, as diferentes formas de tributação interferem na configuração espacial das redes logísticas do país, sobrecarregando a infraestrutura brasileira. Um exemplo é a política de incentivos concernentes ao Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e ao Imposto de Importação, que viabiliza a Zona Franca de Manaus, mas ocasiona elevado fluxo de mercadorias de e para a região amazônica. Algo semelhante ocorre com o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), tributo de maior arrecadação no conjunto da carga tributária do país. O ICMS rendeu aos Estados uma receita recorde de R\$ 268,6 bilhões em 2010, alta nominal de 17% em relação ao ano de 2009 (Senado, 2010).

Na sua forma presente, esse imposto proporciona o trânsito de produtos e mercadorias de forma artificial, o que é conhecido por *turismo fiscal*, apenas com o intuito de beneficiar-se de incentivos fiscais ou aproveitar-se das diferenças de alíquotas interestaduais (Yoshizaki, 2003). Uma solução hipotética foi modelada por Yoshizaki (2002), composta por uma cadeia de distribuição de uma cesta representativa de bens de consumo não-duráveis e clientes finais (atacadistas, varejistas) com diversos graus de *informalidade* (não recolhimento do ICMS). Ao se encontrar a configuração ótima da rede logística necessária, o autor verificou que o acréscimo no custo logístico total poderia variar entre

3,5% e 11,6%, ocasionado pela diferença estrutural das alíquotas entre Estados. Assim, a estrutura atual do ICMS contribui para aumentar o chamado “Custo Brasil”, que pode ser descrito como o impacto das ineficiências do país aplicadas aos negócios, segundo Castro (2004).

A Reforma Tributária em curso é uma necessidade por estas e outras razões não-logísticas (Senado, 2010) e deverá gerar uma alteração na forma como este imposto é cobrado, chamado de Novo ICMS (Fazenda, 2008) pelo poder público. De acordo com o Departamento de Pesquisa e Estudos Econômicos – DEPECON (2010), a proposta do Novo ICMS continuará seguindo o princípio da não-cumulatividade (o ICMS taxa apenas o valor agregado em cada estágio da cadeia produtiva e comercial), mas trará algumas novidades fundamentais:

- A unificação da legislação dos 27 Estados;
- A fixação de cinco alíquotas diferenciadas para um número limitado de bens e serviços;
- A divisão do Novo ICMS entre Estados de origem e destino, cabendo ao Estado de origem pagar 2% do valor do imposto; e
- A suspensão dos repasses de fundos constitucionais, como o Fundo de Participação dos Estados (FPE) para os Estados que promoverem a guerra fiscal através de concessão de incentivos fiscais.

A implementação do Novo ICMS deve reduzir a guerra fiscal entre os Estados para obter novas fábricas e, portanto, o turismo fiscal ocasionado por incentivos também deve ser reduzido (Senado, 2010). Entretanto, o relatório nada comenta do outro fato gerador de turismo fiscal, a informalidade que se aproveita da atual estrutura do ICMS.

Este artigo objetiva analisar os impactos do Novo ICMS na rede logística brasileira. Em particular, a questão principal a ser analisada será se o novo imposto poderá resolver o

¹ Hugo Tsugunobu Yoshida Yoshizaki, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Logísticos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. (e-mail: hugo@usp.br).

² Luiz Eduardo Wilbert Albernaz Andrade, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Logísticos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. (e-mail: lew@usp.br).

problema do turismo fiscal devido à estrutura de alíquotas diferenciadas. Outros pontos importantes também foram estudados como: a modificação da rede logística, a modificação dos fluxos origem e destino, a modificação da capacidade das instalações nos cenários com a estrutura atual do ICMS e o Novo ICMS e o impacto da modificação das alíquotas internas de ICMS.

Para responder à questão de pesquisa, o modelo de otimização anteriormente desenvolvido (Yoshizaki, 2002) foi revisado e atualizado para verificar o quanto uma rede logística hipotética projetada aos moldes da reforma tributária é diferente de uma rede definida em um ambiente utilizando a taxa de ICMS atual.

O escopo do estudo limita-se à parte de distribuição física de produtos acabados, não avaliando o impacto do ICMS nas etapas de movimentação de insumos industriais e seu processamento. Assim, não se pretende explorar todo o encaqueamento do ICMS na cadeia de suprimentos, mas apenas na parte final da mesma, onde se concentra o maior potencial do turismo fiscal (Yoshizaki, 2003). A influência de incentivos fiscais do ICMS não faz parte do presente trabalho e está tratada em Carraro (2009).

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVOS

Ao analisar a formação dos custos logísticos e do ICMS, imagina-se a priori, que deve existir alguma forma de compensação (*tradeoff*) para justificar os fluxos observados nas diferentes cadeias de suprimentos. Porém, isso não é verdade. Se os membros da cadeia de distribuição forem bons contribuintes (não há informalidade e, portanto, não há sonegação fiscal), o princípio da não-cumulatividade garante que não ocorra nenhum conflito entre o ICMS e os custos logísticos.

Para ilustrar a afirmação anterior é usado um exemplo para melhor entender os mecanismos da tributação do

ICMS nas transações interestaduais conforme Yoshizaki (2002). Nele, um fabricante vende seu produto por R\$ 100,00 e sempre utiliza um depósito (ponto intermediário de transbordo) para consolidar e entregar suas mercadorias.

A fábrica deste produtor está localizada no Estado de São Paulo, e os clientes (atacadistas ou varejistas) também se encontram no mesmo Estado. O preço pago pelo produto é considerado constante para o consumidor final. Utilizando uma margem hipotética de 15%, o preço final então é de R\$ 115,00. O cálculo de créditos e débitos de ICMS para cada fato gerador (troca de posse ou transferência da mercadoria) está na parte superior da Figura 1.

O valor que a indústria almeja receber (custos mais lucro) é de R\$ 82,00 por unidade. Logo, caso a venda ocorra dentro do Estado de São Paulo, o preço recebido pelo varejista é de R\$ 100,00, pois se devem aplicar os 18% de imposto para transações nesse Estado. O ICMS é calculado sobre o preço cheio, ou seja, o preço final pode ser calculado como o valor desejado dividido por $(1 - \text{alíquota}) = R\$ 82,00 / (1 - 0,18) = R\$ 100,00$. Pode-se perceber que, no preço final ao consumidor (R\$ 115,00), a alíquota de 18% resulta em um valor de R\$ 20,70.

Este fato é explicado pelo princípio da não-cumulatividade. Para facilitar a compreensão, pode-se assumir, sem perda de generalidade, que o valor de repasse da mercadoria da fábrica ao depósito seja o mesmo (no caso, R\$ 100,00). Como o trânsito de mercadoria é um fato gerador, ou seja, determinante do ICMS, torna-se importante calcular o quanto cada membro da cadeia de distribuição precisaria pagar.

No caso da indústria, esta deve recolher R\$ 18,00 da circulação do produto ao centro de distribuição (CD), que terá um crédito e um débito de mesmo valor (pois este vende o produto pelo mesmo preço que recebeu como pagamento por este). Como resultado, a empresa obtém um saldo (chamado de débito) a pagar de R\$ 18,00. O cliente paulista

		ALTERNATIVA 1 – SP-SP-SP (Logística normal)			
		INDÚSTRIA = preço R\$ 100,00		CANAL = preço R\$ 115,00	
Fluxo de mercadorias		 Fábrica SP →	 Depósito SP →	 Varejista SP →	 Consumidor
	Crédito da operação anterior	--	--	--	--
	Débito	18% = R\$ 18	18% = R\$ 18	18% = R\$ 20,70	
Fluxo de Impostos	Saldo	R\$ 18	R\$ 0	R\$ 2,70	
	...da empresa		= R\$ 18		= R\$ 20,70
Total...				Geral	
		ALTERNATIVA 2 – SP-MG-SP (“Turismo”)			
		INDÚSTRIA = preço R\$ 93,18		CANAL = preço R\$ 115,00	
Fluxo de mercadorias		 Fábrica SP →	 Depósito MG →	 Varejista SP →	 Consumidor
	Crédito da operação anterior	--	--	--	--
	Débito	12% = R\$ 11,18	12% = R\$ 11,18	18% = R\$ 20,70	
Fluxo de Impostos	Saldo	R\$ 11,18	R\$ 0	R\$ 9,52	
	...da empresa		= R\$ 11,18		= R\$ 20,70
Total ...				Geral	

Figura 1. Exemplo de turismo fiscal na Cadeia do ICMS [Fonte: Yoshizaki (2002)]

obterá um crédito de R\$ 18,00 (proveniente da etapa anterior) e um débito de R\$ 20,70 (os 18% de imposto dentro do Estado de São Paulo aplicados ao seu preço final, de R\$ 115,00), tendo um saldo a pagar de R\$ 2,70 (parte superior da Figura 1).

A cadeia toda recolhe R\$ 20,70 de impostos, mas isso é totalmente compensado pelo consumidor, para quem o imposto está embutido no preço final do produto. Logo, o consumidor é quem paga todo o imposto que incide sobre o produto, e cada elo recolhe apenas a parcela referente a seu valor adicionado, como se fizesse o adiantamento ao governo do imposto devido pelo consumidor. Logo, o ICMS é um tributo que incide sobre o *consumo* da mercadoria, ou seja, sua compra pelo consumidor final.

Caso o fabricante tivesse optado por localizar o seu depósito no Estado de Minas Gerais ao invés do Estado de São Paulo (parte inferior da Figura 1), os impostos pagos seriam diferentes. A alíquota interestadual é de 12% e o preço de transferência da fábrica ao CD será de R\$ 82,00 / $(1 - 0,12) = R\$ 93,18$, diminuindo o saldo final do fabricante para R\$ 11,18 por produto. O preço ao cliente paulista neste caso será de R\$ 93,18. Porém, como o preço de venda do produto ao consumidor final não se alterou, o cliente terá de recolher 18% sobre o valor adicionado. Ou seja, como seu crédito é menor (R\$ 11,18), o saldo do cliente será agora maior, equivalendo a R\$ 9,52. A Tabela 1 mostra que o lucro de ambos agentes econômicos não muda neste caso.

Pode-se observar na Tabela 1 que tanto o lucro do fabricante quanto do cliente se mantém (R\$ 82,00 e R\$ 12,30, respectivamente), dado o princípio da não-cumulatividade e com ambos agentes recolhendo plenamente sua porção do imposto. Entretanto, existe ainda outra situação a ser considerada: o cliente paulista não tem interesse em seu crédito de ICMS para reduzir o saldo, pois participa da economia informal, o que é caracterizado como sonegação de impostos. Neste caso, ele maximizará seu lucro caso compre produto originado no Estado de Minas Gerais (penúltima linha da Tabela 1). Assim, o cliente informal vai preferir ser abastecido a partir de um armazém situado em outro Estado, desde que o incremento no frete não exceda o “lucro” informal.

Esta situação gera uma demanda artificial de fluxo de

Tabela 1. Cálculo de operação via Centro de Distribuição (CD)

<i>Item</i>	<i>SP-SP-SP</i>	<i>SP-MG-SP</i>
Custo Fábrica SP	R\$ 82,00	R\$ 82,00
Preço Fábrica CD	R\$ 100,00	R\$ 93,18
Débito ICMS Fábrica	R\$ 18,00	R\$ 11,18
Preço CD-Varejista	R\$ 100,00	R\$ 93,19
Crédito CD	R\$ 18,00	R\$ 11,18
Débito CD	R\$ 18,00	R\$ 11,18
Saldo CD	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Saldo Fabricante	(R\$ 18,00)	(R\$ 11,18)
Lucro Fabricante	R\$ 82,00	R\$ 82,00
Preço Mercado	R\$ 115,00	R\$ 115,00
Crédito Varejista	R\$ 18,00	R\$ 11,18
Débito Varejista	R\$ 20,70	R\$ 20,70
Saldo Varejista	(R\$ 2,70)	(R\$ 9,52)
Lucro Varejista	R\$ 12,30	R\$ 12,30
TOTAL IMPOSTOS	R\$ 20,70	R\$ 20,70
Lucro do varejista se sonegar	R\$ 15,00	R\$ 21,82

mercadorias entre os dois Estados, o que é chamado de “turismo” de produtos. Isto distorce o custo logístico total, incentivando vendas para Estados vizinhos e não para o próprio Estado no qual o CD se localiza. Isto é resultado direto da diferenciação de alíquotas internas e interestaduais (18% e 12% ou 7%, respectivamente), parte da estrutura do ICMS atual. Logo, não há *tradeoff* entre Logística e ICMS, e sim uma compensação entre custos logísticos e a sonegação de ICMS.

Segundo Yoshizaki (2002), os profissionais do ramo avaliam que o nível de sonegação de ICMS na cadeia de distribuição é muito alto, pois a fiscalização direta de todos os estabelecimentos comerciais é impraticável na realidade brasileira. Isto levou os Estados a criar formas alternativas de coibir essa prática, como a substituição tributária.

Como ocorre um aumento nos custos logísticos devido aos efeitos supracitados, o agente econômico em questão precisa verificar se este “turismo de produtos” compensa, considerando um custo total que englobe tanto os custos logísticos totais quanto a diferença do ICMS, possibilitada pela indiferença ao crédito do ICMS à jusante na cadeia de suprimentos.

O turismo fiscal é agravado pela diferença ainda maior na alíquota interestadual entre Estados denominados exportadores (Estados das Regiões Sul e Sudeste, exceto Espírito Santo) e importadores (os outros Estados), que é de somente 7%, ao invés de 12%.

Conforme Yoshizaki (2002), para uma tonelada de produto típico de supermercado (que valia cerca de R\$ 2.500,00), a diferença de alíquotas é suficiente para pagar um frete adicional de mais de 1.000 km. Não surpreende assim que alguns comerciantes das regiões Norte e Nordeste prefiram comprar diretamente de CDs localizados em São Paulo ou Minas Gerais, ao invés de se abastecer em depósitos na sua própria região. Um dos autores observou um êxodo de comerciantes do Estado do Rio de Janeiro para Minas Gerais, quando o primeiro aumentou sua alíquota interna para 19%. O atual ICMS tem gerado assim grandes distorções na rede logística nacional, onerando o chamado “Custo Brasil”.

De acordo com a proposta atual de alteração das alíquotas de ICMS (Fazenda, 2008), haverá uma alíquota interestadual única de 2%, sem diferenciação entre Estados importadores e exportadores. Esta mudança pretende incrementar a parcela de ICMS no Estado onde ocorre o consumo do produto. Assim, as diferenças entre as alíquotas internas e as interestaduais irão aumentar dos atuais 5% (entre 17% e 12%) ou 12% (19% e 7%) para 15% (17% e 2%) ou 17% (19% e 2%).

3. METODOLOGIA

Para estudar o impacto do ICMS na rede logística de uma empresa, recorreu-se ao modelo de Programação Linear Inteira Misto (PLIM) desenvolvido por Yoshizaki (2002), no qual as decisões de instalação dos centros de distribuição na rede de distribuição consideram questões logísticas e fiscais. O modelo matemático e todos seus parâmetros estão detalhadamente descritos na referência acima. O estudo atual levou em consideração a modificação da demanda e da população utilizada por Yoshizaki, *et al.* (2008), a fim de atualizar o estudo realizado. Neste artigo, a estimativa da população foi novamente atualizada segundo IBGE (2010)

e a demanda *per capita* foi revisada de acordo com Nielsen (2012).

A utilização da PLIM em problemas de determinação da localização de depósitos é tradicionalmente abordada na literatura (Geoffrion e Graves, 1974; Aikens, 1985; Love, *et al.* 1988; Brandeau e Chiu, 1989; Klose e Drexler, 2005; Melo, *et al.* 2009). O modelo empregado pode ser definido como um problema de transbordo multiproduto com custos fixos de instalação dos CD's, tratados com variáveis binárias. A economia de escala na operação de depósitos foi modelada ajustando-se uma curva linear por partes com variáveis binárias adicionais (Winston, 1995).

Para determinar o grau de turismo fiscal, foi então modelada uma situação hipotética, onde quatro grandes fabricantes de produtos típicos de supermercado (que não necessitam de refrigeração) devem abastecer o país com itens de grande consumo (massas e biscoitos, higiene e limpeza, alimentos enlatados e óleo de cozinha), com participações de mercado equivalentes a um líder de mercado. Todos os fabricantes podem abastecer diretamente de suas fábricas ou por intermédio de um ou mais CD's operados por terceiros. Isto permite o compartilhamento de custos fixos de CD's, reduzindo custos para os envolvidos e simulando o uso de operadores logísticos para ganhar escala. Todos os custos logísticos provinham de valores efetivamente contratados no mercado à época do estudo, podendo ser considerados realistas (Yoshizaki, 2002). O modelo simula uma cadeia de suprimentos de três estágios (fábrica, CD, cliente) com total simetria de custos logísticos, gerando uma rede logística que minimiza o custo logístico total considerando uma dada proporção (de zero a 100%) de clientes informais.

4. RESULTADOS OBTIDOS

O presente artigo se concentra no efeito agregado do incremento do custo logístico pelo turismo fiscal e em alguns aspectos da geografia de distribuição, necessários para a demonstração das diferenças entre o cenário atual, o cenário futuro com o Novo ICMS e as simulações de ocorrência de sonegação.

É importante destacar a forma pela qual o ICMS influencia a localização das instalações. A comparação do custo logístico com o ICMS não deve ser realizada de forma direta, pois a forma de pagamento varia conforme o custo, sendo que o custo logístico representa um desembolso de caixa

de forma mais direta, enquanto o ICMS é contabilizado mensalmente através da diferença entre o crédito e o débito do agente.

Ao incorporar o ICMS no modelo de programação linear, o principal objetivo não é mensurar o custo tributário propriamente dito, mas sim o de utilizar o ICMS como um ponto de atração dos CD's. Estados que possuem taxas de ICMS menores funcionam como pontos de atração de CD's. A comparação pode ser feita como um jogo de "cabo de guerra", onde dois lados opostos puxam a corda até que um lado vença. Essa analogia funciona ao tentar explicar o *tradeoff* entre o custo logístico e a sonegação do ICMS.

O estudo foi realizado com dois cenários básicos: atual e Novo ICMS. Os dados utilizados nos dois cenários são exatamente iguais, diferenciando-se somente na tabela de alíquotas internas e interestaduais, para possibilitar a comparação direta entre os mesmos:

- O primeiro cenário corresponde à estrutura atual do ICMS e está dividido em 5 variantes. Cada uma corresponde aos níveis de sonegação (0%, 25%, 50%, 75% e 100%); e
- O segundo cenário corresponde à reforma tributária e está dividido em 5 variantes. Cada variante corresponde aos níveis de sonegação anteriores (0%, 25%, 50%, 75% e 100%).

A diferença da estrutura das redes logísticas nos cenários analisados é demonstrada de acordo com comparações de: custos, localização de instalações, capacidade das instalações e modificação dos fluxos de origem/destino.

4.1. Avaliação do Custo Logístico

O primeiro aspecto analisado foi o incremento do custo logístico a partir do aumento da sonegação, ou seja, o aumento da proporção de clientes informais. Considerou-se como cenário-base aquele onde há 0% de sonegação, ou seja, uma variante onde somente o custo logístico influencia o desenho da rede, de acordo com Yoshizaki (2002). A Figura 2 mostra o incremento do custo logístico à medida que se incrementa a informalidade.

Analisando-se a Figura 2 é possível perceber que o incremento relativo do custo logístico em função da sonegação se comporta de forma semelhante em ambos cenários e que, portanto, a reforma fiscal não consegue eliminar esse tipo de turismo fiscal. Dada a ordem de grandeza das dife-

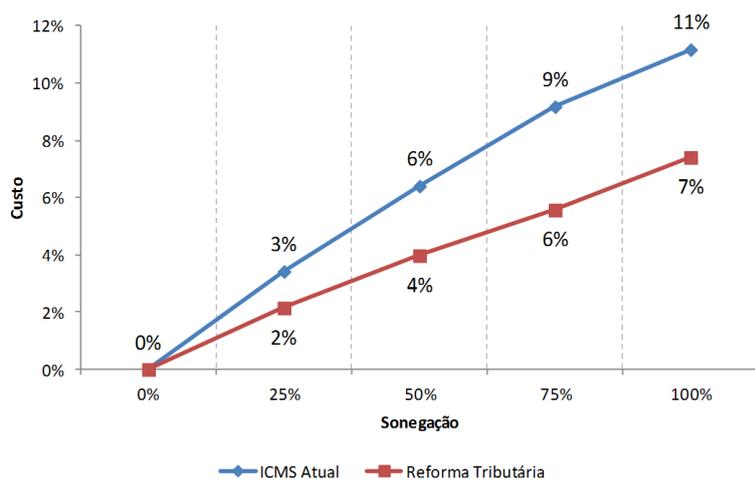


Figura 2. Aumento relativo do custo logístico

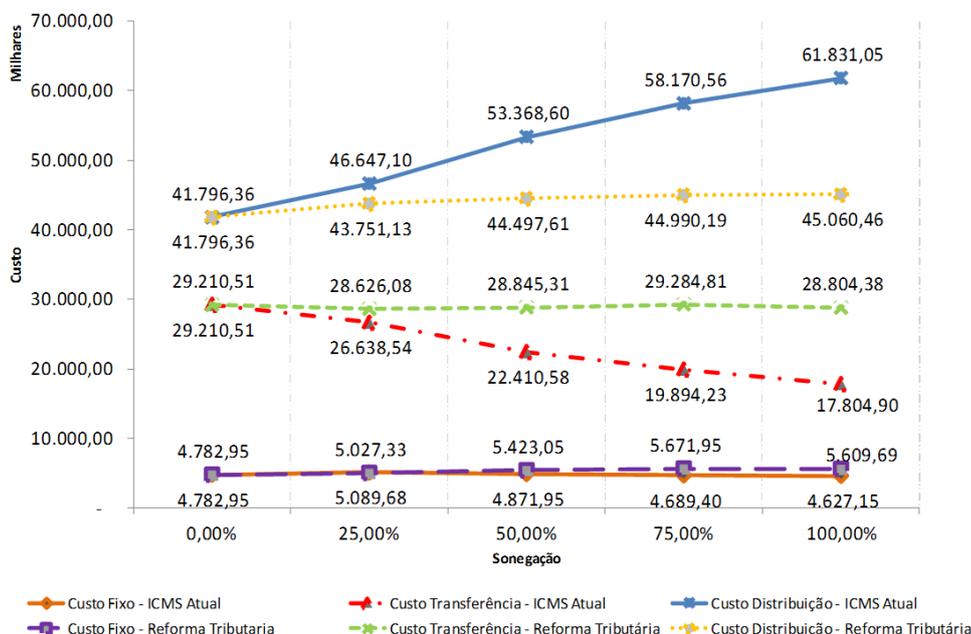


Figura 3. Comparação dos custos logísticos do ICMS Atual e da Reforma Tributária

renças entre os cenários sem e com reforma tributária, parece que a reforma pouco vai alterar a geografia de rede logística resultante. Porém, para entender melhor a modificação da rede logística, é necessário analisar outros aspectos como custo de transferência, custo de distribuição e custo fixo. A Figura 3 mostra os custos de distribuição, custo de transferência e custo fixo para os cenários propostos.

A princípio o custo de transferência no cenário com a estrutura atual de ICMS é modificado de R\$ 41 milhões (cenário sem sonegação) para R\$61 milhões (cenário com 100% de sonegação) e o custo de distribuição foi reduzido de R\$29 milhões (cenário sem sonegação) para R\$17 milhões (cenário com 100% de sonegação), uma diferença de 47% e 41% respectivamente.

No cenário com reforma tributária o custo de distribuição aumentou de R\$ 41 milhões para R\$ 45 milhões no cenário com 100% de sonegação e o custo de transferência reduziu de R\$ 29 milhões para R\$ 28 milhões no cenário com 100% de sonegação, uma diferença de 9% e 3% respectivamente.

Analisando os custos do cenário com o ICMS atual, existe uma relação direta entre o aumento da sonegação e o aumento do custo de distribuição, porém essa relação é modificada quando analisamos o custo de transferência, que possui uma relação inversamente proporcional ao aumento da sonegação. A relação encontrada na rede com a reforma tributária possui um aspecto diferente, pois não sofre muita alteração à medida que a sonegação aumenta.

O custo fixo está relacionado com a quantidade de instalações na rede logística. A Figura 3 mostra que a quantidade de instalações no cenário com reforma tributária não é modificado significativamente; em contrapartida, o cenário com a estrutura atual de ICMS sofre uma pequena redução de acordo com o aumento da sonegação, ocasionado pela modificação na quantidade de instalações. A diferença entre os custos está apresentada na Figura 4, que mostra a localização e a quantidade de instalações por Estado.

4.2. Avaliação da localização e da capacidade das instalações

No cenário com o ICMS atual, à medida que ocorre o aumento da sonegação, o número de instalações é reduzido principalmente na região Nordeste, justificada pela alteração nos fluxos origem e destino. A demanda da região Nordeste começa a ser atendida pela região Sudeste, justificando o aumento do custo de distribuição evidenciada na Figura 3. A verificação dos fluxos origem-destino deixa essa relação mais evidente.

Ao se comparar o cenário com 0% de sonegação (sem influência do ICMS) e o cenário de 25% de sonegação para a estrutura atual de ICMS, a região de Minas Gerais vai de uma para cinco instalações (vide Figura 4). Esse aspecto evidencia o forte posicionamento do Estado como ponto de triangulação para grandes atacadistas e distribuidores que atendem um vasto número de varejistas por todo o país.

As instalações localizadas na região Sul não sofreram modificações nos cenários desenvolvidos, porém na região Centro-Oeste, o Estado de Mato Grosso e o Distrito Federal receberam instalações no cenário com a reforma tributária. No cenário com a estrutura atual de ICMS, existe um tendência de redução do número de instalações a medida que a sonegação aumenta; em contrapartida, essa tendência não foi encontrada nos cenários com a reforma tributária, permanecendo a mesma localização a medida que a sonegação aumenta.

Nos dois cenários, o Estado de Minas Gerais concentrou um número de instalações muito maior que os outros Estados, porém o motivo para a localização das instalações foi diferente. No cenário com ICMS atual, o Estado de Minas Gerais funciona como um ponto de triangulação devido à diferença das alíquotas de ICMS e à medida que a sonegação aumenta, essa relação tende a aumentar.

No cenário da reforma tributária, as instalações são localizadas no Estado vizinho ao Estado no qual a instalação irá atender, aspecto evidenciado por Yoshizaki, *et al.* (2008). Como o Estado de Minas Gerais é localizado próximo aos

Localização	UF	Quantidade de Instalações por região					Quantidade de Instalações por UF															Total			
		SU	CO	NE	SUL	RS	SC	PR	SP	RJ	MG	MT	DF	GO	BA	SE	AL	PE	PB	RN	CE		PI	MA	
ICMS Atual	0%	4	1	7	2	1	1		2	1	1			1	1	1		1		1	1	1	1	1	14
	25%	7		6	2	1		1	1	1	1	5			1	1		1		1	1	1	1	15	
	50%	8		4	2			1	1	1	1	6			1		1		1			1		14	
	75%	6		2	2			1	1	1		5				1		1						10	
	100%	6		1	2			1	1	1		5				1								9	
Reforma Tributária	0%	4	1	7	2	1	1		2	1	1			1	1	1		1		1	1	1	1	14	
	25%	5		7	2	1		1	1	1	3			2	1	1		2				1		14	
	50%	5	1	7	2			1	1	2	2			1	1	1	1	2				1		15	
	75%	5	1	6	2			1	1	1		4		1	1	1	1	2				1		14	
	100%	4	2	6	2			1	1	1		3	1	1	1	1	1	2				1		14	

Figura 4. Quantidade e localização das instalações

Localização e Capacidade	CDs	Região																						Total de instalações									
		RS	SC	SC	PR	SP	SP	RJ	MG	MT	DF	GO	BA	BA	BA	SE	AL		PE	PE	PB	PB	RN	CE	PI	PI	MA						
ICMS Atual	0%	2		2		2	2	3	2									2	2			2	2					3	2		2	2	14
	25%	2		2	2	2	3	2			3	2	2	2				2				2	2					2	2		2	2	15
	50%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2				2				2	2				2	2		2	2	14
	75%	2	2	2	2	2		3	5	2	3	3										2											10
	100%	2	2	2	2	2		2	6	2	3	3										2											9
Reforma Tributária	0%	2		2	2	2	3	2										2	2			2	2					3	2		2	2	14
	25%	2		2	2	2	3	2			3	2						2				2	2					3	2		2	2	14
	50%	2	2	2	2	2	2			4								2				2	2					3	2		2	2	15
	75%	2	2	2	2	2		3	5	2		2						2				2	2					3	2		2	2	14
	100%	2	2	2	2	2		2	6			2	2	2				2				2	2					3	2		2	2	14

Figura 5. Localização e capacidade das instalações

Legenda	
Nível de Capacidade da Instalação	2 3 4 5 6
Capacidade de Movimentação Máxima (t/ano)	30.000 60.000 105.000 150.000 225.000

Estados de maior demanda (Rio de Janeiro e São Paulo), o mesmo concentra uma grande quantidade de instalações.

Além da localização das instalações, outro ponto a ser destacado é a capacidade das instalações, evidenciado pela Figura 5. Ela mostra a cidade, a região de localização das instalações e suas respectivas capacidades de movimentação de produtos, representada pelo número no interior da célula. Foi identificada uma relação diretamente proporcional entre o aumento da capacidade e o aumento da sonegação, encontrado nos dois cenários. As Tabelas 2 e 3 evidenciam que não só a localização das instalações é modificada, mas também a capacidade das instalações. Porém, a rede logística com a reforma tributária possui uma descentralização geográfica maior do que o analisado no cenário com o ICMS Atual.

A modificação gradual dos custos no cenário com a reforma tributária, destacados pela Figura 3, é devido ao fato de a localização das instalações não sofrer grandes modificações com o aumento da sonegação. A reforma tributária favorece a localização de instalações na região Nordeste e Centro-Oeste, diferentemente da região Sul, que não sofre modificações significativas.

A Figura 6 mostra os mapas de fluxos de mercadoria para os cenários de 0% de sonegação, 100% de sonegação (ICMS atual) e 100% de sonegação (reforma tributária). Os mapas foram divididos em três fluxos: fluxos da fábrica até os CD's, fluxo dos CD's até o mercado, e o fluxo da fábrica até o mercado consumidor (entrega direta).

A modificação da localização e da capacidade influencia a modificação dos fluxos origem e destino. Na Figura 6 é possível compreender a modificação da rede logística em função do ICMS. A diferença entre o custo de transferência e o custo de distribuição, nos cenários com o ICMS atual, é

exemplificada ao se analisar a quantidade de fluxos de transferência (fábrica para CD) e a quantidade de fluxos de distribuição (CD para mercado). O cenário com o ICMS atual gera uma quantidade menor de fluxos de transferência quando comparado ao cenário base e o cenário de reforma tributária. Os CD's estão concentrados no Estado de Minas Gerais, aspecto gerado pela diferença entre alíquotas da estrutura atual do ICMS. Porém, ao analisar os mapas de fluxo do centro de distribuição para o mercado, é possível verificar que a distância, o volume e a quantidade de fluxos são maiores do que os outros cenários.

A localização dos CD's, demonstrados pela Figura 4, é ilustrada pela Figura 6. A diferença sutil entre o custo de transferência e o custo de distribuição do cenário com a reforma tributária, demonstrados pela Figura 3, é perceptível ao observar a distância percorrida pelos fluxos do CD até o mercado, pois a rede logística da reforma tributária não difere do cenário-base tanto quanto a rede logística do cenário com ICMS atual difere. Ou seja, a rede logística do cenário da reforma tributária está mais próxima do ótimo logístico, exemplificado pelo cenário-base com 0% de sonegação.

A concentração dos fluxos na região de Minas Gerais é um ponto a se destacar. Os CD's localizados no Estado funcionam como um *hub* logístico, ou seja, ponto de triangulação de fluxos cujo objetivo é reduzir a carga tributária, prejudicando a rede com fluxos desnecessários e longos. Além disso, a capacidade das instalações no cenário com ICMS atual é maior do que a capacidade das instalações no cenário com reforma tributária. Essa diferença é devido ao fato do Estado de Minas Gerais ser um ponto concentrador da maioria dos fluxos de saída de mercadoria para os mercados, ocasionado pelo turismo fiscal. Esse ponto é amenizado ao analisar a rede logística do cenário com a reforma tri-

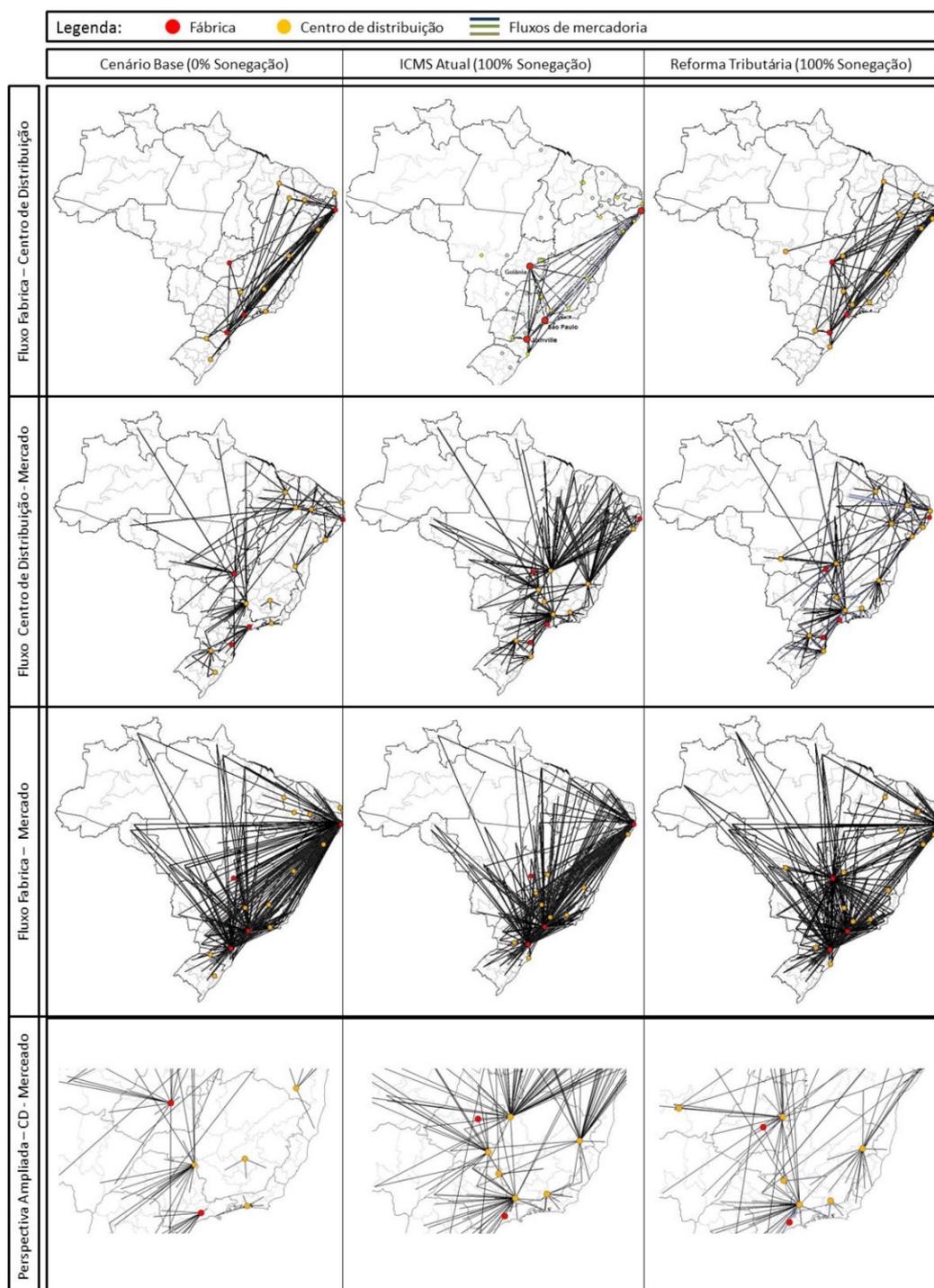


Figura 6. Mapas de fluxo origem/destino

butária.

A diferença do custo de transferência e o custo de distribuição no cenário com a estrutura atual de ICMS é exemplificada nos mapas de fluxos da Figura 6. No cenário com 100% de sonegação, as fábricas enviam diretamente para os CD's localizados em Minas Gerais e, a partir desse ponto, são atendidos os centros de demanda. No cenário com reforma tributária, o fluxo da fábrica para o CD sofre uma variação significativa, porém os fluxos são parecidos com os fluxos do cenário-base, justificando um custo semelhante.

É possível verificar o efeito da descentralização nos mapas de fluxo do CD para o mercado, onde ocorre uma redução da distância percorrida no cenário com reforma tributária. O atendimento da demanda é feito pelo Estado vizinho,

diferenciando-se do cenário com o ICMS atual. Estados do Nordeste passam a ser atendidos por CD's localizados no Nordeste. O mapa mostra a diferença entre os cenários na região Sudeste, Centro Oeste e Sul. Na Figura 7 é possível verificar a representatividade origem/destino dos fluxos por região.

O efeito centralizador da estrutura do ICMS atual pode ser verificado na Figura 7. A região Sudeste concentraria 84% do volume de mercadorias movimentadas no fluxo do CD para o mercado no cenário com a estrutura atual de ICMS, além disso, 30% dos fluxos de mercadoria possuem origem no sudeste e são destinadas para outra região. Ao comparar o cenário com a estrutura atual de ICMS com o cenário-base, a diferença no total de fluxos com saída na

Quantidade de fluxo de distribuição por origem e destino	Origem	Fluxo Interno				Fluxo Externo								Total Geral	Total de Saída por região			
		CO	NE	SU	SUL	CO	CO	CO	NE	SU	SU	SU	SU		SU	CO	NE	SU
	Destino	CO	NE	SU	SUL	N	NE	SU	N	CO	N	NE	SUL	SU	CO	NE	SU	SUL
Base		6%	49%	29%	13%	0%	0%		1%	0%			2%	100%	6%	50%	31%	13%
ICMS Atual		0%	5%	53%	11%					7%	1%	20%	2%	100%	0%	5%	84%	11%
Ref. Tributária		4%	34%	44%	10%	0%	0%	0%	1%	1%		5%	2%	100%	5%	34%	51%	10%

Figura 7. Representatividade dos fluxos origem/destino por região

Quantidade de fluxo de distribuição com origem no estado	Origem	AL	BA	CE	DF	GO	MA	MG	MT	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RS	SC	SE	SP	Total Geral	
		Base		6%	6%		6%	6%	6%				6%	6%		13%	13%	6%	6%	6%	13%
ICMS Atual		5%						78%					6%				6%		6%		100%
Ref. Tributária		5%	5%		5%			46%	0%	15%		5%	5%				5%	5%	5%		100%

Figura 8. Representatividade dos fluxos com origem no Estado

região Sudeste é de 53% (84% - 31%).

Os fluxos com saída na região Nordeste representa 5% do volume no cenário com a estrutura atual de ICMS, contra 50% no cenário-base. No cenário com a reforma tributária, o fluxo interno da região Nordeste representa 34% contra 5% do cenário-base com a estrutura atual de ICMS. Os fluxos da região Sudeste foram modificados de 20% no cenário com a estrutura atual de ICMS para 5% com a reforma tributária, justificando a descentralização dos fluxos responsáveis pelo turismo fiscal na atual estrutura de ICMS. Essa diferença mostra o quanto a rede logística é modificada por causa da estrutura atual de ICMS. Na Figura 8 é possível verificar a representatividade dos fluxos com origem no Estado.

De acordo com a Figura 8, 78% do fluxo de mercadoria do CD para o mercado possuem origem no Estado de Minas Gerais no cenário com a estrutura atual de ICMS, contra 6% do cenário-base e 46% do cenário com reforma tributária. A reforma tributária modificou os fluxos de origem e destino, porém ao se comparar com o cenário-base, a rede logística ainda sofre com os efeitos do ICMS. A estrutura do Novo ICMS possibilitou uma melhora do fluxo interno na região Nordeste, reduzindo a distância de atendimento aos centros de demanda, porém ainda representa uma grande diferença em comparação com o cenário-base.

4.3. Avaliação das alíquotas internas

Outro ponto importante são as alíquotas internas de ICMS que no sistema tributário atual variam de 17% a 19%. A reforma tributária modificará as alíquotas interestaduais para 2%, porém ainda não se sabe se as alíquotas internas irão ser modificadas.

A diferença entre as alíquotas internas e interestaduais na

reforma tributária poderá prejudicar empresas que possuem fluxos prioritariamente internos, ou seja, será necessário atender os Estados através do Estado vizinho, criando outro tipo de movimento das instalações. O presente trabalho realizou uma simulação com diferentes alíquotas internas, cujo objetivo é avaliar o impacto dessa diferença na rede logística. Os cenários simulados levaram em consideração os mesmos parâmetros e dados do cenário com reforma tributária, modificando somente as alíquotas internas.

Partindo da atual estrutura com alíquotas entre 17% e 19%, a simulação foi realizada para as alíquotas internas de 12%, 10%, 8%, 5%, 3% e 2%. Para os cenários com alíquotas de 12%, 10%, 8% e 5%, a rede logística não sofreu alteração e permaneceu idêntico ao cenário com alíquotas de 17% e 19% (atual proposta da reforma tributária, sendo que os autores consideram pouco provável a diminuição das atuais alíquotas internas). A rede logística sofreu alteração somente a partir da alíquota interna de 3%. Com isso, os dados apresentados abaixo referenciam somente os cenários com alíquota de 3% e 2%.

A Figura 9 mostra o incremento do custo logístico para os cenários analisados. O cenário da reforma tributária com alíquota interna de 2% representa a rede logística sem influência do ICMS, pois a alíquota interestadual de 2% se iguala a alíquota interna de 2%, anulando o efeito da mesma. O cenário com alíquota de 3% mostra uma estrutura próxima ao cenário ótimo logístico.

A modificação da rede logística ocorrida no cenário com alíquota de 3% pode ser explicada ao analisar a localização e a capacidade das instalações na Figura 10. Neste cenário, Pouso Alegre que antes no cenário com a estrutura atual de ICMS e com reforma tributária era um ponto com capaci-

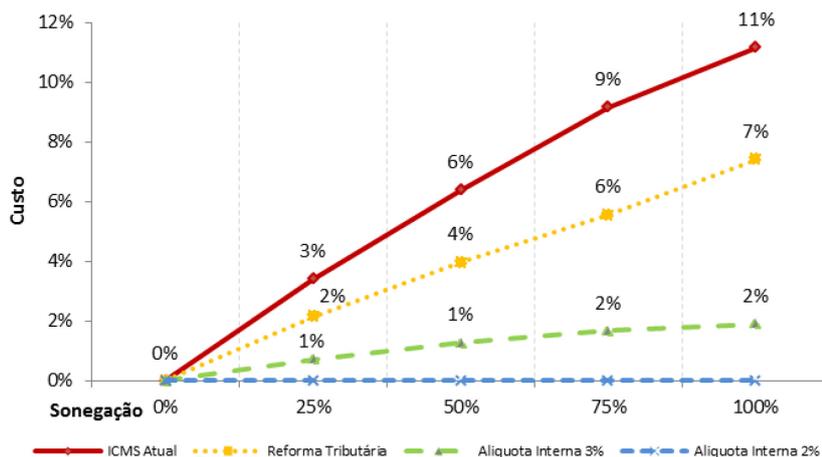


Figura 9. Aumento relativo do custo logístico

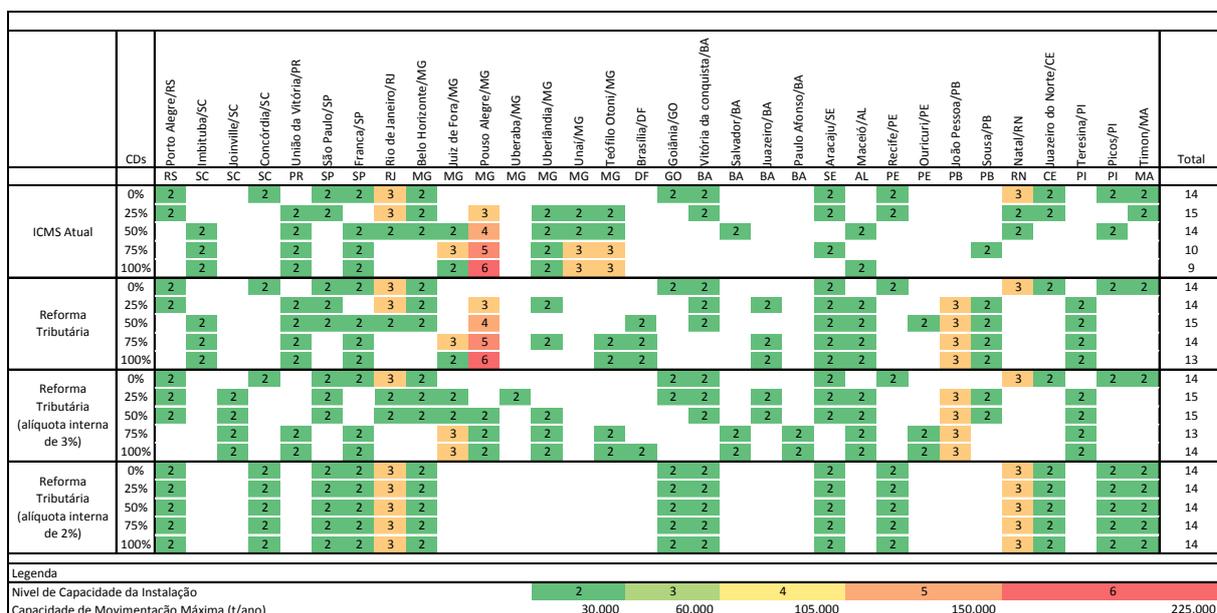


Figura 10. Localização e capacidade das instalações

dade elevada, sofreu descentralização dos fluxos e por consequência reduziu a capacidade instalada. Essa diferença é visível na Figura 9 ao compararmos o incremento de custo entre os cenários. A concentração dos fluxos, identificada na estrutura atual de ICMS e na reforma tributária, é justificada pelo aumento de 5% e 9% no custo logístico ao se comparar com o cenário com alíquota interna de 3%.

Outro ponto interessante é identificado ao se comparar os cenários com alíquota de 3% e 2%. A rede logística sofreu significativa modificação somente com um acréscimo de 1% na alíquota interna, pois foi suficiente para alterar a solução ótima (fato bem conhecido em problemas de programação linear), mostrando a importância do ICMS na estruturação das redes logísticas.

5. CONCLUSÃO

A estrutura atual do ICMS sobrecarrega a rede logística com movimentações desnecessárias (turismo fiscal) e aumenta o custo logístico total, aspecto também analisado por Ribeiro (1999), Yoshizaki (2002), Silva (2007), Yoshizaki, *et al.* (2008), Carraro (2009) e Wanke, *et al.* (2009). O presente modelo do ICMS foi estabelecido pela constituição de 1988 (antigo ICM), sendo um dos seus objetivos promover a descentralização do desenvolvimento industrial pelo estabelecimento de alíquotas diferenciadas entre Estados importadores e exportadores (Carazza, 2009).

Nos cenários analisados, dois fatores geram o turismo fiscal: a estrutura de alíquotas diferenciadas do ICMS e a existência de sonegação desse imposto. Apesar de não haver estatísticas precisas sobre a sonegação do ICMS, ela é considerada significativa (Yoshizaki, 2002). Uma estimativa de 25% de sonegação levaria a um incremento no custo logístico de 3% na cadeia de distribuição modelada (vide Figura 3). Como somente a economia informal no país em 2010 chegou a 18,3% do PIB (IBRE, 2011), o acréscimo da sonegação fiscal por canais não informais faz a estimativa de 25% parecer conservadora. Assim, a estrutura do ICMS atual, que ajudou o Brasil a descentralizar o desenvolvimento, está prejudicando a competitividade das empresas ao retirar capacidade da sobrecarregada infraestrutura logística

brasileira e ao aumentar o custo Brasil.

Uma importante conclusão do estudo é que a nova estrutura do ICMS mantém o incentivo ao turismo fiscal por parte da cadeia de distribuição que atua informalmente e continua distorcendo a estrutura logística resultante pela artificialidade da demanda resultante. O incremento no custo logístico associado diminui (por exemplo, de 3% para 2% no caso de uma sonegação de 25%, vide Figura 3), mas ainda é significativo.

As principais diferenças na rede logística com a reforma tributária estão na localização e na capacidade das instalações. No presente sistema do ICMS ocorre centralização das instalações em regiões com alíquotas relativas mais baixas, como Minas Gerais. A reforma tributária proporciona descentralização das instalações que passam a atender Estados vizinhos, reduzindo a distância de atendimento aos mercados. Pode-se assim prever que haverá uma alteração na presente geografia da rede de atacadistas e centros de distribuição, caso a sonegação continue nos níveis atuais (a sonegação pode ser reduzida com o uso compulsório de novas tecnologias de automação comercial e faturamento, como a nota fiscal eletrônica).

As regiões Nordeste e Centro Oeste têm sua topologia alterada com a reforma tributária, mas diferem quando comparadas à solução ótima. À medida que a sonegação de imposto aumenta, a rede logística com a estrutura atual de ICMS sofre mudanças significativas, porém com o Novo ICMS tal modificação é menos marcante, sendo os cenários muito parecidos independentemente do grau da sonegação.

O modelo mostra que a rede logística é pouco sensível à modificação das alíquotas internas: mudanças acontecem apenas quando elas chegam a 3% (a partir dos atuais 19 a 17%), criando uma rede logística intermediária entre a estrutura atual de ICMS e o cenário base (sem influência do ICMS). Assim, mesmo uma redução moderada das alíquotas pouco influenciaria esse cenário de turismo fiscal.

A reforma tributária foi elaborada para reduzir o impacto na competitividade das empresas frente a uma estrutura que está ultrapassada para os níveis atuais de desenvolvimento. Conforme constatado pelo estudo vigente, no que tange ao aspecto logístico, a reforma tributária irá trazer melhorias

significativas no aspecto de fluxo origem e destino e na localização das instalações. Porém, a estruturação da rede logística ainda irá sofrer interferência do ICMS, contribuindo assim para o aumento do Custo Brasil pela permanência do turismo fiscal.

Yoshizaki, H. T.; C. M. Hino e R. A. Rosin (2008) Reforma Tributária: Avaliando a influência do novo imposto de circulação de mercadorias e serviços (ICMS) na futura configuração da logística brasileira. *XL Simposio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. João Pessoa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte da CAPES e do CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aikens, C. H. (1985) Facility location models for distribution planning. *European Journal of Operational Research*, v. 22, n. 4, p. 263-279. DOI: 10.1016/0377-2217(85)90246-2.
- Brandeau, M. L. e S. S. Chiu (1989) An overview of representative problems in location research. *Management Science*, v. 35, n. 7, p. 645-674. DOI: 10.1287/mnsc.35.6.645.
- Carazza, R. (2009) *ICMS (14ª ed.)*. Malheiros, São Paulo.
- Carraro, P. R. (2009) *Avaliação da influência de aspectos logísticos, fiscais e ambientais no projeto de redes de distribuição física*. Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos, Escola Politécnica da USP. São Paulo.
- Castro, N. R. (2004) Logistic Cost and Brazilian Regional Development. *The World Bank*.
- DEPECON (2010) *Reforma tributária: reflexos sobre empresas e regiões*. Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. Disponível em: <<http://www.idsust.com.br>> (Acesso em 20/04/2010).
- Fazenda, M. (2008) *Cartilha da Reforma Tributária*. Ministério da Fazenda. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br>> (Acesso em 22/04/2011).
- Geoffrion, A. M. e G. W. Graves (1974) Multicommodity distribution system design by Benders decomposition. *Management Science*, v. 20, n. 5, p. 822-844. DOI: 10.1287/mnsc.20.5.822.
- IBGE (2010) *Censo 2010*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>> (Acesso em 15/04/2011).
- IBRE (2011) *Índice da Economia Subterrânea*. Instituto Brasileiro de Economia. Disponível em: <<http://www.etc.org.br/publicacoes/estudos-pesquisas/estudos-e-pesquisas/>> (Acesso em 22/02/2012).
- Klose, A. e A. Drexl (2005) Facility models for distribution planning. *European Journal of Operational Research*, v. 22, n. 3, p. 4-29. DOI: 10.1016/j.ejor.2003.10.031.
- Love, R.; J. G. Morris e G. O. Wesolowsky (1988) *Facilities location: models & methods*. New York, North-Holland.
- Melo, M. T.; F. Nickel e F. Saldanha (2009) Facility location and supply chain management. *European Journal of Operation Research*, n. 196, p. 401-412. DOI: 10.1016/j.ejor.2008.05.007
- Nielsen (2012) *Retail Index*. Disponível em: <<http://www.abrasnet.com.br/economia-e-pesquisa/indice-de-volume/indice/>> (Acesso em 09/01/2012).
- Ribeiro, N. (1999) *Contribuição ao aperfeiçoamento de sistemas logísticos de distribuição no contexto tributária brasileiro: estudo de caso em indústria de bens de consumo*. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP. São Paulo.
- Senado (2010) *Relatório preliminar da subcomissão temporária da reforma tributária*. Congresso Nacional. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br>> (Acesso em 20/04/2011).
- Silva, M. B. (2007) *Otimização de redes de distribuição física considerando incentivo fiscal baseado no crédito presumido de ICMS*. Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos, Escola Politécnica da USP. São Paulo.
- Wanke, P.; E. J. Montebeller e R. T. Vouga (2009) *Introdução ao planejamento de redes logísticas*. Atlas, São Paulo.
- Winston, W. (1995) *Introduction to mathematical programming*. Duxbury Press, New York.
- Yoshizaki, H. T. (2002) *Projeto de redes de distribuição física considerando a influência do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços*. Tese (Livre Docência). Escola Politecnica da USP. São Paulo.
- Yoshizaki, H. T. (2003) *Carta de Brasília e Logística*. Jornal: Valor Econômico. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/17559/carta-brasil-ia-logistica/>> (Acesso em 23/01/2011).