



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Amanda Fructuozo dos Santos

**Uso de técnicas de visualização de informação para apoiar o gerenciamento
da cadeia de suprimentos**

Presidente Prudente

2019

Amanda Fructuozo dos Santos

**Uso de técnicas de visualização de informação para apoiar o gerenciamento
da cadeia de suprimentos**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Presidente Prudente.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Medeiros Eler

Presidente Prudente

2019

S237u Santos, Amanda Fructuozo
Uso de técnicas de visualização de informação para apoiar o gerenciamento da cadeia de suprimentos / Amanda Fructuozo Santos.
-- Presidente Prudente, 2019
69 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: Danilo Medeiros Eler

1. Visualização de Informação. 2. Supply Chain. 3. Supply Chain Management. 4. Cadeia de Suprimentos. I. Título.

Amanda Fructuozo dos Santos

**Uso de técnicas de visualização de informação para apoiar o
gerenciamento da cadeia de suprimentos**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Presidente Prudente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Danilo Medeiros Eler

UNESP – Câmpus de Presidente Prudente

Orientador

Prof. Dr. Evandro Baccarin

UEL – Universidade de Londrina

Prof. Dr. Milton Hirokazu Shimabukuru

UNESP – Câmpus de Presidente Prudente

Presidente Prudente

23 de agosto de 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me dado forças para realizar mais este feito em minha vida, a minha mãe Luciene, minha irmã Mohara e meu grande amor e companheiro Lincoln, por terem me dado todo apoio, amor e carinho nesta jornada. A meu pai Carlos já falecido, mas que deve estar orgulhoso da filha.

Agradeço ainda, as minhas amigas Alana e Natália, que sempre estiveram presentes na minha vida acadêmica e profissional.

Ao meu orientador Danilo que me acompanha desde a graduação e que sempre teve muita paciência para me guiar nos momentos em que precisei.

Resumo

A análise de dados tem sido utilizada em muitas empresas para proporcionar ferramentas de apoio à tomada de decisões de negócio. Assim, os gestores podem avaliar pontos fortes e pontos fracos de sua cadeia de suprimento. Esse apoio à tomada de decisões resulta na redução de custos, minimiza rupturas no atendimento ao cliente, auxilia no planejamento futuro, entre outros benefícios que ajudam a aumentar a competitividade do produto e/ou a criar valor agregado e diferenciais em relação à concorrência. Em uma organização, muitos dados são gerados todos os dias e conseguir organizá-los e exibí-los de maneira que atenda a necessidade dos gestores de cadeia de suprimentos de analisar de forma rápida e eficiente a situação de sua cadeia é um grande desafio. Este trabalho apresenta uma abordagem de exploração baseada em técnicas de visualização da informação para auxiliar os gestores na tomada de decisões, proporcionando desde uma visão mais geral até uma mais específica da cadeia de suprimentos, com foco em pontos específicos como vendas, produção, estoque e previsão de demanda.

Palavras-Chave: *Supply Chain, Supply Chain Management, Visualização de Informação, Cadeia de Suprimentos.*

Abstract

Data analytics have been used in many companies to provide business decision-making aids. Thus, managers can assess strengths and weaknesses in their supply chain. This decision-making support results in cost savings, minimizes customer service disruptions, helps with future planning, among others benefits that enhance product competitiveness and/or creates added value and competitive advantage. In an organization, a lot of data is generated every day, and being able to organize and display it in a way that meets the need for supply chain managers to quickly and efficiently analyze their chain situation is a big challenge. This work presents an exploration approach based on information visualization techniques to aid managers in decision making, providing from a general to a specific view of the supply chain, focusing on specific points such as sales, production, inventory and demand forecasting.

Keywords: Supply Chain, Supply Chain Management, Information Visualization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Níveis de complexidade da cadeia de suprimentos	15
Figura 2 - Integração de fornecedores, fabricantes e distribuidores na cadeia de suprimentos	16
Figura 3 - Potenciais origens do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos	17
Figura 4 - Processos chaves para o gerenciamento da cadeia de suprimentos	17
Figura 5 - Hierarquia de amostra e o treemap correspondente	22
Figura 6 - Grafo que representa a ocorrência dos personagens de Les Misérables	23
Figura 7 - Virtualização a partir de uma perspectiva da Internet das Coisas	25
Figura 8 - Visão geral simplificada das cadeias de fornecimento de alimentos virtualizadas	26
Figura 9 - Arquitetura de sistemas de informação para virtualização da cadeia de suprimentos baseada na plataforma FIspace	28
Figura 10 - FIspace apoiando vários processos de controle na cadeia de suprimentos de peixe	29
Figura 11 - Dois tipos de visualização da cadeia de suprimento de ponta a ponta: geográfica (esquerda) e rede (direita)	31
Figura 12. Um exemplo de visualização da cadeia de suprimentos de ponta a ponta para otimização: prazos de entrega em dias sobrepostos em um mapa da cadeia de suprimentos (esquerda) e modelo de rede (direita)	32
Figura 13 - Visualização baseada em grafos de uma cadeia de suprimentos de equipamentos periféricos. Cada nó transporta metadados do produto dependendo do tipo de escalão da cadeia de suprimentos, como um estágio de montagem, fabricação de peças e armazenamento	35
Figura 14 - Captura de tela da ferramenta ViSER	37
Figura 15 - Visualizador da cadeia de valor. Se os usuários desejarem investigar a cadeia de valor de um determinado produto, clicam com o botão direito do mouse em um nó no gráfico do sistema do produto e sua cadeia de valores é enfatizada no gráfico da cadeia de suprimentos	39
Figura 16 - Sistema SAP ERP	40
Figura 17 - Visualização de Estoque versus Vendas em relação ao tempo	42
Figura 18 - Mapa Coroplético	43
Figura 19 - Modelo de cadeia de suprimentos	46
Figura 20 - Diagrama de Classes	47
Figura 21- Tela inicial do SCVis	50
Figura 22 - Visões disponíveis no Treemap	51

Figura 23 - Visão geral Treemap	52
Figura 24 - Visão um nível mais abaixo da Treemap após seleção de regional	53
Figura 25 - Visão de semáforo na previsão de demanda	54
Figura 26 - Filtros da Visualização Baseada em Grafo	55
Figura 27 - Visão geral da Visualização Baseada em Grafo	55
Figura 28 - Nível mais alto para a visão Vendas	57
Figura 29 - Próximo nível após seleção da Regional 1	57
Figura 30 - Próximo nível após seleção do Centro de Distribuição 1	58
Figura 31 - Próximo nível após seleção do tipo de Negócio Z	59
Figura 32 - Último nível após seleção da Família Z	59
Figura 33 - Nível mais alto da visão de Estoque	59
Figura 34 - Nível mais alto da visão de Produção	60
Figura 35 - Nível mais alto da visão de Previsão de Demanda	61
Figura 36 - Alteração do Limiar	62
Figura 37 - Visão inicial da visualização baseada em grafos	64
Figura 38 - Seleção de um produto	64
Figura 39 - Seleção de um centro de distribuição	65
Figura 40 - Filtragem de um produto específico	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SCM	Supply Chain Management
SC	Supply Chain
UML	Unified Modeling Language
PERT	Program Evaluation and Review Technique
SLD	Seletiva Linear para cláusula Definida
VLSI	Very Large Scale Integration
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
PIA	Product Information App
SST	Shipment Status App
B2B	Business-to-Business
LPA	Logistics Planning App
MOS	Market Service Operations App
CargoSwApp	Cargo Search App
ACV	Avaliação Completa do Ciclo de Vida
APA	Agência de Proteção Ambiental
TRACI	Redução e Avaliação de Substâncias Químicas e outras Impactos
ViSER	Visualizing Supply chains for Eco-conscious Redesign
ERP	Enterprise Resource Planning
SCVis	Supply Chain Visualization
HTML	HyperText Markup Language
CSS	Cascading Style Sheets
SQL	Structured Query Language
DOM	Document Object Model
SVG	Scalable Vector Graphics
ZTM	Zoomable Treemap
ZUI	Zoomable User Interface
D3	Data-Driven Documents

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO	13
2.1	Supply Chain	13
2.2	Supply Chain Management	15
2.3	Visualização de Informação	20
2.3.1	Treemap	21
2.3.2	Grafos	22
3	TRABALHOS RELACIONADOS	24
3.1	Virtualização de cadeias de suprimentos de alimentos com a internet das coisas	24
3.2	Visualização de ponta a ponta da cadeia de suprimento	30
3.3	Visualização mutuamente coordenada de metadados de produtos e cadeia de suprimentos para projetos sustentáveis	33
3.4	Visualizações e análises para cadeia de suprimentos	39
4	SCVis - -UMA FERRAMENTA DE APOIO AO GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	45
4.1	Considerações Iniciais	45
4.2	Metodologia	46
4.2.1	Modelo de cadeia de suprimentos e diagrama de classes	46
4.2.2	Técnicas e Linguagens	48
4.2.3	Técnicas de Visualização Empregadas	49
4.3	Funcionalidades da SCVis	50
4.3.1	Visualização Baseada em Treemap	51
4.3.2	Visualização Baseada em Grafo	54
5	APLICAÇÕES DA SCVis	56
5.1	Exploração da cadeia de suprimentos por meio da visualização Treemap	56
5.2	Exploração da cadeia de suprimentos por meio da visualização baseada em Grafo	63
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	66
6.1	Trabalhos Futuros	67
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (SCM, do inglês *Supply Chain Management*) tem se despontado como um modelo adotado no mundo dos negócios, baseado na intercomunicação das organizações que se relacionam com os diferentes estágios do processo de produção e prestação de serviços (TADEU, 2011). Ainda, o SCM possibilita que as organizações repensem suas estratégias além das fronteiras organizacionais. Desse modo, melhorias nos processos envolvidos nos elos da cadeia de suprimento têm efeito sinérgico no desempenho global da cadeia.

A cadeia de suprimentos (*supply chain*) de um produto é a rede de organizações e instalações envolvidas no processo de transformação de matérias-primas em um produto e na distribuição desse produto para clientes. Em uma cadeia de suprimentos, existem recursos físicos, financeiros e fluxos informativos entre empresas diferentes. A análise da cadeia de suprimentos concentra-se no uso de informações de ferramentas analíticas para apoiar a tomada de melhores decisões em relação aos fluxos de materiais na cadeia de suprimentos, isto é, a análise da cadeia de suprimentos concentra-se em abordagens analíticas para apoiar decisões que melhor combinem a oferta e a demanda (SOUZA, 2014).

Depender exclusivamente de sistemas de execução de cadeias de suprimentos tradicionais tem sido cada vez mais difícil devido à maior quantidade de conexões globais, pressões de preço, velocidade e níveis de serviço dos clientes. Existem também inúmeros eventos econômicos que podem gerar impactos na cadeia de suprimentos, por exemplo, custos de combustível, recessões locais ou globais, movimentações de fornecedores além do aumento da competição com empresas de baixo custo terceirizados. Todos esses desafios podem potencialmente afetar a cadeia de suprimentos das empresas. É nesse momento que a análise de dados se torna parte fundamental de um gerenciamento da cadeia de suprimentos.

A análise de dados tem sido utilizada extensivamente em muitas indústrias para proporcionar às empresas e organizações ferramentas de auxílio para tomada de decisões de negócio e, utilizando o processo científico, aprovar ou rejeitar modelos e teorias sobre o funcionamento real da cadeia de suprimentos. Deste modo, o gerenciamento da logística e do fluxo de informações em toda a cadeia permite aos executivos e gestores avaliarem

pontos fortes e pontos fracos na sua cadeia de suprimento. Esse apoio à tomada de decisões resulta na redução de custos, no aumento da qualidade, entre outros, aumentando a competitividade do produto e/ou criando valor agregado e diferenciais em relação a concorrência (BURGO et al. 2005).

O gestor de uma organização deseja tomar decisões com mais eficiência de dois tipos: operacionais, focando na reação a eventos na cadeia de suprimentos com o objetivo de minimizar rupturas de atendimento ao cliente ou custos operacionais; e planejamento, utilizando as informações existentes sobre a cadeia para tomar a melhor decisão sobre o futuro também com o mesmo objetivo de minimizar rupturas de atendimento ao cliente ou custos operacionais.

Compreende-se que a cadeia de suprimentos e o bom gerenciamento da mesma podem proporcionar às organizações melhorias em suas estratégias no mundo dos negócios, além de consolidar, facilitar, recomendar e acelerar a tomada de decisões dos gestores das cadeias de suprimentos. Na literatura, observa-se a grande dificuldade em visualizar o volume de dados produzidos em uma cadeia de suprimentos, e além disso, as observações, análises e gerenciamentos são feitos de uma forma em que a informação é vista de maneira desagregada e não levando em conta a conexão entre os diversos elementos de uma cadeia de suprimentos e não detalhando seus componentes.

Durante a revisão de literatura foram encontrados poucos trabalhos que envolvessem o gerenciamento da cadeia de suprimentos e a sua visualização ((KAMRAN et al., 2013), (BERNSTEIN et al., 2015), (VERDOUW, 2016), (SOURCEMAP, 2016)). Essa escassez de trabalhos motivou a investigação do uso de ferramentas e abordagens de visualização no apoio ao entendimento da cadeia de suprimentos, que possui diversos dados que podem ser representados por meio de técnicas de visualização de informação, entre eles, pode-se destacar:

- Rupturas na cadeia de produção. Exemplos: falta de matéria-prima, indisponibilidade ou quebra de elementos da produção.
- Eventos sobre a demanda. Exemplo: aumento imprevisto da demanda, queda repentina na demanda.
- Rupturas na cadeia de entrega. Exemplos: atrasos na entrega dos pedidos, bloqueios na cadeia logística da entrega, indisponibilidade de recursos para efetuar a entrega dos pedidos, falta de estoque para o atendimento dos pedidos.

- Produtividade. Exemplos: produtividade das linhas de produção, produtividade da expedição.
- Tempos na cadeia. Exemplos: tempo de processamento do pedido por matéria-prima, tempo de transferência do produto para o cliente, tempo de execução da ordem de produção.
- Previsão de demanda. Exemplos: acurácia da previsão de demanda (realizado versus planejado).

A utilização correta dessas informações pode proporcionar a redução da variabilidade nas cadeias de suprimentos; a realização de melhores previsões de demanda, trazendo subsídios para promoções e mudanças de mercado; a coordenação de estratégias e sistemas de distribuição e manufatura; a redução de *lead times* (tempo de entrega para o cliente); a reação e adaptação dos varejistas perante problemas de suprimentos; e a melhora dos serviços aos clientes finais, oferecendo prazos de entrega mais precisos, além de ferramentas de rastreamento de pedidos (IGNÁCIO, 2009).

Este trabalho tem o objetivo de auxiliar o entendimento da cadeia de suprimentos, disponibilizando visões de diferentes níveis, isto é, permitindo que o analista tenha desde uma visão mais geral até uma mais específica da cadeia de suprimentos, com foco em pontos específicos como vendas, produção, estoque e previsão de demanda. Para tanto, foi desenvolvida uma abordagem de exploração visual composta de uma técnica de visualização hierárquica para apresentar os diferentes níveis da cadeia de suprimentos. Neste caso, uma técnica de visualização baseada na *TreeMap* (JOHNSON, 1991) pode apresentar os dados hierárquicos, além de diferentes informações que poderão ser representadas por elementos visuais como cor e forma. Em uma outra visualização baseada em grafos foi desenvolvida uma visão de conexões dos elos da cadeia, concentrando-se no conceito de representatividade em que os vértices são os componentes da cadeia e as arestas são as ligações entre eles.

O restante deste documento está organizado da seguinte maneira. No Capítulo 2 é apresentada uma fundamentação teórica sobre o tema abordado e as técnicas de visualização que foram empregadas; no Capítulo 3 tem-se os trabalhos relacionados ao gerenciamento de cadeias de suprimentos; no Capítulo 4 é apresentada a ferramenta desenvolvida; no Capítulo 5 são apresentados exemplos de exploração por meio da ferramenta; e por fim, no Capítulo 6, são apresentados as conclusões e trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO

Na atualidade, em meio à volatilidade e aos riscos, as organizações buscam inovar em seus processos administrativos e gerenciais, repensando suas competências centrais e seu posicionamento estratégico perante o mercado. O ambiente de competição em escala global em que se encontram as organizações, exige posturas proativas, em que a excelência das operações internas já não garante mais o sucesso. Entende-se que para atingir as dimensões desejadas de custo, qualidade e flexibilidade tornam-se necessárias a expansão das fronteiras organizacionais. A logística empresarial surge nesse cenário como uma importante fonte de vantagem competitiva. A tríade *produzir, transportar e vender* teve um grande crescimento, exigindo que o fluxo de produtos/serviços seja o mais eficaz e eficientemente possível (BORGES, 2009). Não se refere apenas à inserção de velocidade ao fluxo de produtos/serviços, com adoção de esquemas de distribuição rápidos e eficazes e entregas extremamente ágeis, refere-se também à agregação de valor ao cliente em cada etapa, da fabricação à entrega final. Para que isto ocorra, torna-se essencial, o gerenciamento integrado da cadeia de suprimentos ou *Supply Chain Management (SCM)*.

2.1 Supply Chain

Uma cadeia de suprimentos ou *Supply Chain (SC)* consiste nas atividades associadas à modificação e movimentação de qualquer bem desde o estágio inicial, quando a matéria-prima é adquirida, até o último estágio, em que ocorre a entrega do produto acabado para o consumidor (IGNÁCIO, 2009).

Entende-se então, que uma SC é composta por diversas entidades como: fabricantes, fornecedores, transportadoras e distribuidoras, depósitos e estoques, varejistas e os próprios clientes. Assim, a cadeia de suprimentos abrange todos os estágios que envolvem os processos de transformação de ideias e matérias-primas em serviços e produtos acabados, englobando fluxo de informação e o fluxo de produção de produtos e serviços (IGNÁCIO, 2009).

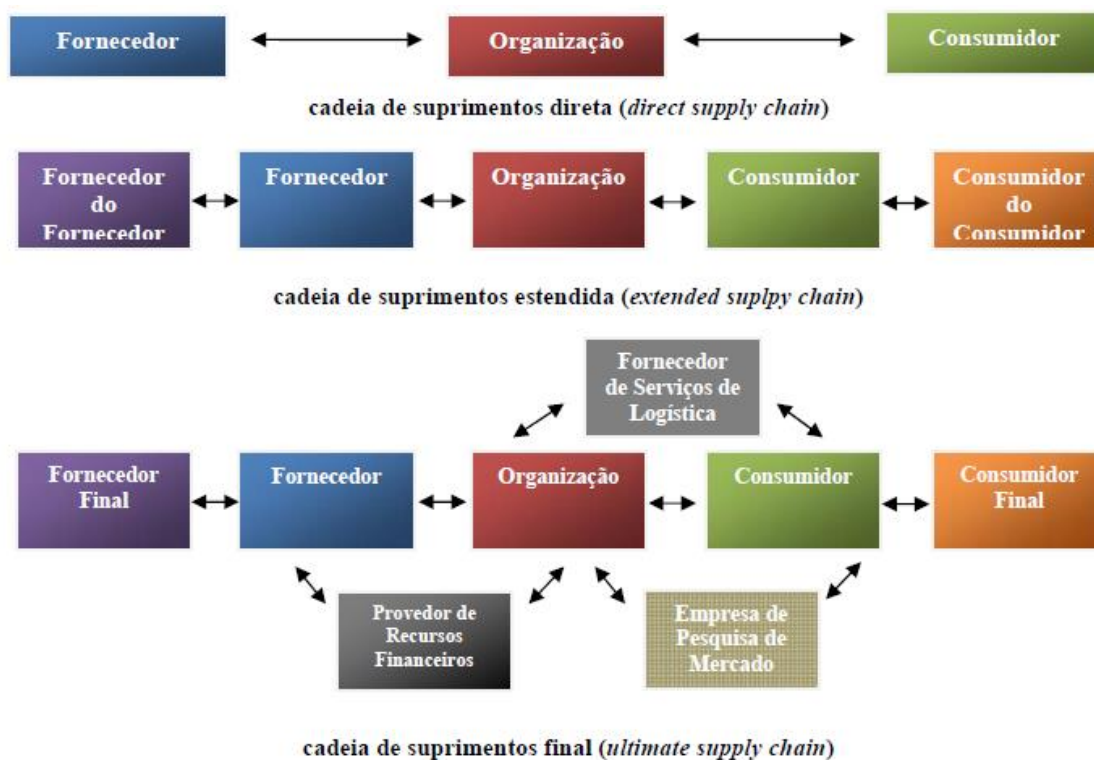
Segundo Ignácio (2009) o ambiente de negócios vivenciado pelas organizações é complexo, caracterizado pelo aumento da competitividade e do nível de exigência do consumidor por serviços e qualidade. Assim, diante desse cenário as organizações

tiveram que se tornar mais ágeis, passando a projetar suas estratégias, procedimentos e sistemas para aumentar sua eficiência total, e deste modo atender completamente às necessidades dos clientes, os quais se tornaram o centro do negócio.

A intensa competição nos mercados globais, a introdução de produtos com ciclos de vida reduzidos e a grande expectativa dos clientes forçaram as empresas a investir e focar sua atenção na cadeia de suprimentos. Somente a eficiência interna não é suficiente para enfrentar as condições impostas pelo mercado, é também necessário elevar a eficiência de todos os participantes e de todos os processos ocorridos na cadeia de suprimentos. Uma das maiores mudanças no paradigma de negócios atual é que as organizações não competem mais individualmente, mas sim entre cadeias de suprimentos (JULIANELLI, 2014). Assim, *Supply Chain* e *Supply Chain Management*, se tornaram parte essencial para os negócios das organizações.

Segundo Lummus e Vokurka (1999) e Oliveira (2010), os motivos para o aumento de interesse na cadeia de suprimentos e em seu gerenciamento: a desverticalização das organizações – que estão mais especializadas procurando fornecedores externos que possam supri-las com produtos e matérias-primas necessários; o aumento da competitividade e a conscientização de que para se maximizar a lucratividade é necessário um melhor desempenho da cadeia de suprimentos como um todo. E, ainda, identificam-se três níveis de complexidade que uma cadeia de suprimentos pode possuir, sendo, direta (*direct supply chain*), estendida (*extended supply chain*) ou final (*ultimate supply chain*). Pode-se observar na Figura 1. Para o caso da direta, a cadeia não tem muitos elos envolvidos, sendo basicamente contato entre fornecedor, organização e o consumidor. Já a cadeia estendida além dos elementos da direta pode ter mais fornecedores e consumidores a partir de consumidores, que podem ser clientes que compram e revendem o produto final. Para a complexidade de cadeia final, mais elementos são adicionados, tendo-se por exemplo, fornecedores em outras partes da cadeia e não só no início, investidores e pesquisa de mercado.

Figura 1 – Níveis de complexidade da cadeia de suprimentos.



Fonte: MENTZER et al. 2001.

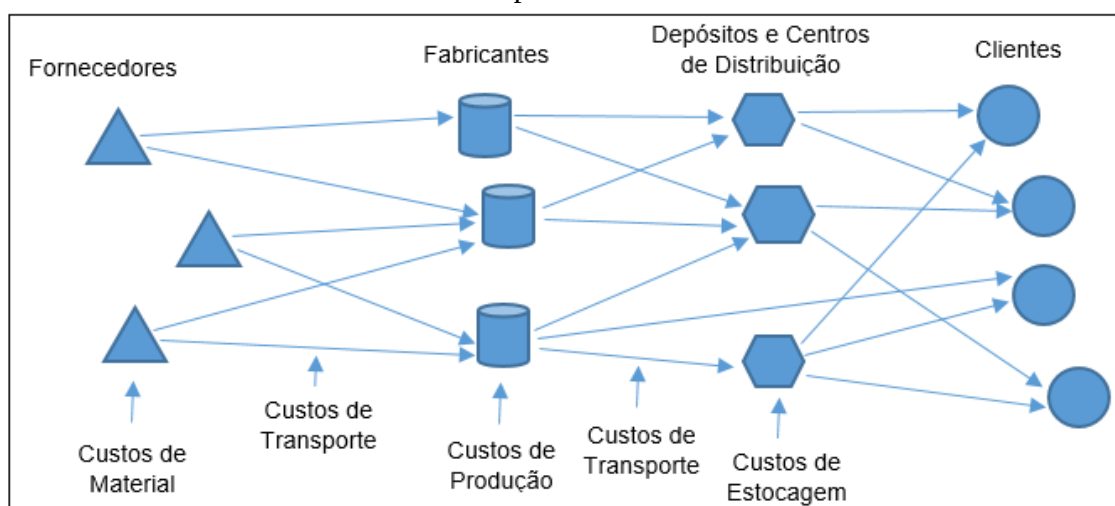
2.2 Supply Chain Management

A ideia de *Supply Chain Management (SCM)* ou Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, começou a se desenvolver no início dos anos 90. No Brasil, teve maior destaque a partir do final da década de 90, impulsionado pelo movimento de logística integrada (CARNEIRO, 2003), constituindo a coordenação de fluxos de materiais e informações desde os fornecedores até o cliente final. Desta maneira, pode-se dizer que deve haver uma sincronização entre o fluxo de informações e o fluxo de produtos, atendendo às necessidades do mercado, reduzindo custos e estoques, aumentando consequentemente a produtividade da empresa (BRUM, 2015).

O SCM compreende o esforço de coordenar os diversos canais de distribuição, por meio da integração de processos de negócios, interligando seus participantes por meio da administração compartilhada de processos-chave, envolvendo desde o consumidor final até o fornecedor inicial de matérias-primas (CARNEIRO, 2003).

Durante a década de 80, diversas estratégias, técnicas e métodos para a redução de custos como o *just-in-time*, o gerenciamento de qualidade total (*total quality management*) e a produção enxuta (*lean production*) foram analisadas e implementadas pelas empresas. Porém, com o passar do tempo, somente a otimização dos processos internos não era mais suficiente para aumentar a lucratividade das organizações. Nesse momento o gerenciamento da cadeia de suprimentos tornou-se um dos principais focos para as organizações aumentarem sua lucratividade e participação de mercado. Houve então uma mudança no paradigma de negócios, a competição passou a ocorrer entre as cadeias de suprimentos e não somente entre elos ou empresas isoladas (IGNÁCIO, 2009). Nessa cadeia de suprimentos, busca-se a integração de fornecedores, distribuidores e fabricantes por meio de sistemas de planejamento e compartilhamento do fluxo de informações e produtos (ver Figura 2) (TADEU, 2001).

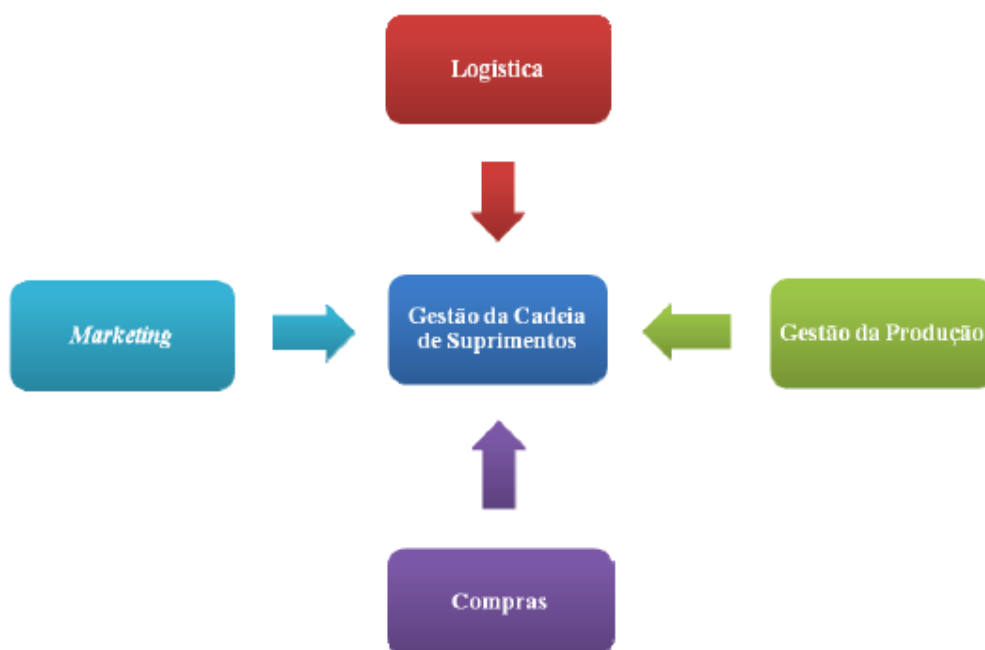
Figura 2 - Integração de fornecedores, fabricantes e distribuidores na cadeia de suprimentos.



Fonte: Adaptado de (TADEU, 2011)

O gerenciamento da cadeia de suprimentos é multifuncional, abrangendo interesses de diferentes áreas do ambiente organizacional. Assim, ela possui mais de uma origem (ver Figura 3), não sendo apenas uma evolução da logística (IGNÁCIO, 2009). A Figura 3 apresenta o SCM como um ponto de convergência de áreas tradicionais das organizações.

Figura 3 – Potenciais origens do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.



Fonte: IGNÁCIO, 2009.

A seguir, serão descritos oito processos, apresentados na Figura 4, considerados chaves para o gerenciamento da cadeia de suprimento.

Figura 4 – Processos chaves para o gerenciamento da cadeia de suprimentos.



Fonte: BORGES, 2009.

Segundo o trabalho de (BORGES, 2009), os oito processos são:

a) Gerenciamento das relações com os clientes (*Customer Relationship Management*) – nesse processo, deve-se primeiramente identificar o cliente ou grupo de clientes e o valor percebido e desejado por eles, traçando as metas para desenvolvimento e manutenção desses relacionamentos. Essa estrutura deve contar com uma equipe focada nesses clientes para melhorarem os processos, eliminar ou minimizar os efeitos das oscilações da demanda, e eliminar ao longo da cadeia as atividades que não agregam valor aos clientes, medindo inclusive, o retorno que cada um dos clientes chave proporciona.

b) Gerenciamento dos serviços para os clientes (*Customer Relationship Management*) – esse processo tem como objetivo prover os clientes de informações em tempo real sobre datas de expedição, disponibilidade de produtos e assistência, criando uma interface direta com as áreas funcionais da empresa.

c) Gerenciamento da Demanda (*Demand Management*) – esse processo busca o balanceamento entre as necessidades do cliente e a capacidade das empresas. Por meio das informações dos pontos-vendas, reduzem as incertezas e melhoram a performance do fluxo de materiais entre os elos chave da cadeia.

d) Atendimento de pedidos (*Order Fulfillment*) – o objetivo deste processo é atender as necessidades dos clientes, uma vez que estas se mostram crescentes e variáveis. E para que dimensões como quantidade, qualidade, prazo de entrega, entre outros, sejam atendidas é necessário que haja grande integração entre manufatura, distribuição, transporte, fornecimento, ou seja, que haja o desenvolvimento de alianças com os membros-chave da cadeia.

e) Gerenciamento do fluxo de produção (*Manufacturing Flow Management*) – esse processo inclui todas as atividades necessárias para mover o fluxo da produção com flexibilidade respondendo adequada e mais rapidamente a demanda. A ideia é produzir de acordo com a demanda, ou seja, a produção é “puxada” pelo mercado, e não conforme os moldes mais tradicionais que a empurram para o mercado, que em consequência gera excesso de estoques, de processos logísticos e custos produtivos.

f) Gerenciamento das relações com os Fornecedores (*Supplier Relationship Management*) – define como a empresa irá desenvolver suas alianças com os fornecedores, buscando relacionamentos de benefícios mútuos, agilidade nas

comunicações e envolvimento de todos desde a fase inicial de concepção do produto ao consumo final.

g) Desenvolvimento e comercialização de produtos: esse processo busca a integração das empresas fornecedoras e consumidoras, tanto no desenvolvimento de novos produtos, reduzindo o tempo de entrada no mercado, quanto na identificação das necessidades dos clientes. Portanto, os desenvolvimentos do fluxo de manufatura integrados ao fluxo da cadeia de suprimento estarão voltados tanto para o mercado, quanto para o produto.

h) Gerenciamento de Retornos (*Returns Management*) – esse processo trata dos fluxos de retorno de materiais e produtos, tem representado uma potencial fonte de vantagem competitiva, devido ao forte “apelo” ambiental.

Para Gomes e Ribeiro (2004), por meio do gerenciamento da cadeia de suprimentos, objetiva-se:

- a) Maximizar as potenciais sinergias entre os elos da cadeia, de maneira a atender o consumidor final mais eficientemente, tanto pela redução dos custos como pela adição de valor aos produtos finais;
- b) Reduzir custos com a diminuição do volume de transação de informações e de papeis e de transporte e estocagem;
- c) Reduzir estoques e diminuir o número de fornecedores;
- d) Diminuir a variação de demanda e de produtos e serviços;
- e) Adicionar valor aos produtos por meio da customização de bens e serviços e do desenvolvimento em conjunto de competências distintas para aumentar a lucratividade de fornecedores e clientes.

2.3 Visualização de Informação

Visualizar é tornar algo visual ou visível, ver uma imagem mental ou figurá-la mentalmente. Já o conceito de visualização é definido como a transformação de conceitos abstratos em imagens reais ou mentalmente visíveis, ou inserido no contexto computacional, como a conversão de números ou dados para um formato gráfico que pode ser facilmente compreendido (VAZ, 2004). A área de pesquisa visualização de informação (*Information Visualization*) estuda a maneira como as representações visuais podem ser implementadas com o auxílio da tecnologia da informação e comunicação (computadores e softwares), procurando auxiliar e facilitar o processo de cognição. Nesse sentido as pesquisas em visualização de informação indicam que, para dar sentido aos dados, visando a tomada de decisões mais racionais e sustentáveis, se faz necessário conhecer e aplicar as regras da visão (ALVES, 2017).

É possível afirmar que, 90% das análises de dados realizadas pela maioria das organizações, poderiam ser elaboradas usando um simples conjunto de competências, pois requerem apenas uma compreensão básica de um conjunto de regras da visão para explorar os dados e descobrir padrões significativos. A visualização de informação contribui para o sucesso da comunicação, quando as suas ferramentas e processos estão alinhados com os pontos fortes da percepção visual humana e da cognição permitindo identificar relações, padrões, tendências e exceções, ou seja, a visualização de informação também deve estar embasada em uma compreensão de como as pessoas pensam; só então, visualizações poderão apoiar as operações cognitivas que darão sentido à informação. Portanto, ao desejar exibir informações de uma forma que permita fazer sentido, é preciso entender e seguir as regras da visão relacionadas a seguir para que se obtenha sucesso no processo de comunicação (ALVES, 2017).

a) Forma: comprimento, largura, tamanho. Estas formas são muito usadas para representar e comparar facilmente valores. Em exemplo, os “mapas de árvores” ou “*treemaps*”, podem mostrar duas variáveis quantitativas simultaneamente: uma representada pelo tamanho de cada elemento e outra representada pela cor (intensidade) e é um tipo de visualização que pode exibir o máximo de itens hierarquicamente estruturados de uma só vez. Ou seja, a forma é utilizada para

organizar dados, do maior para o menor, assim como para representar valores quantitativos.

b) Cor: colorido/tonalidade, intensidade (fraco/forte). A cor está entre as regras da visão mais fáceis de se perceber. Percebe-se a cor não em termos absolutos, mas a diferença entre a cor focada e a cor ao redor.

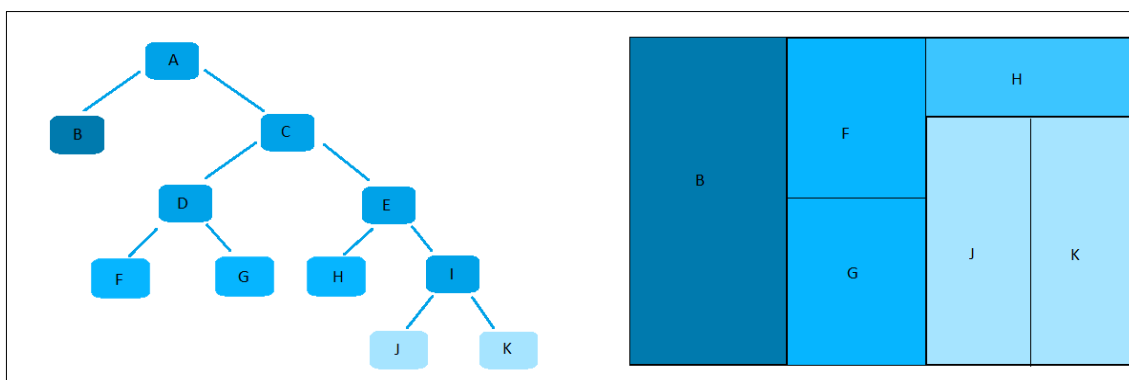
c) Posição espacial: posição 2-D/localização, agrupamento espacial. A posição é percebida quantitativamente com alto grau de precisão por representar com muita clareza a informação: maior/menor que está relacionada ao agrupamento espacial de dados (posição horizontal ao longo do eixo-X e posição vertical ao longo do eixo-Y).

d) Movimento: direção. Ao observar a direção dos dados em uma imagem, é possível acompanhar suas mudanças e alterações.

2.3.1 Treemap

Treemaps (JOHNSON, 1991) e suas muitas variantes são uma representação alternativa de um diagrama de Venn e são a forma mais popular de preenchimento de espaço retangular. Na *treemap* básica, um retângulo é recursivamente dividido em fatias, alternando o fatiamento horizontal e vertical, com base nas populações das sub-árvores em um determinado nível. Muitas variantes em *treemaps* foram propostas e desenvolvidas desde que foram introduzidos, incluindo *treemaps* esquadrinhados (para reduzir a ocorrência de retângulos longos e finos) e de mapas de árvore aninhados (para enfatizar a estrutura hierárquica) (WARD, 2015). A Figura 5 apresenta uma representação dessa técnica de visualização.

Figura 5 - Hierarquia de amostra e a *treemap* correspondente.



Fonte: Adaptado de (WARD, 2015).

O método descrito acima é estruturado usando divisões horizontais e verticais para transmitir a hierarquia.

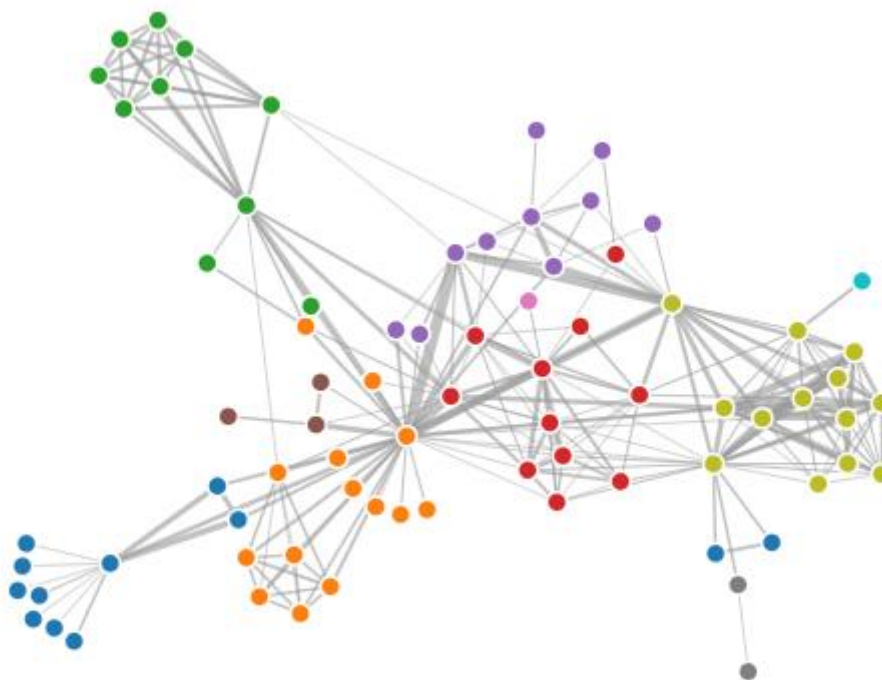
2.3.2 Grafos

Grafos são representações de relações mais gerais entre os elementos dos dados. Podem ser descritos num espaço euclidiano de n dimensões como sendo um conjunto de vértices e um conjunto de curvas contínuas (arestas). Pode ser representado por um conjunto de nodos conectados por linhas (arestas). Grafos surgem como representações naturais de classificações e mapas organizacionais. Como exemplo de grafos, tem-se: estruturas de sítios, relacionamentos entre entidades, históricos de navegação, ligações entre documentos, redes de computadores, sistemas orientados à objetos (navegadores de classes), diagramas de fluxo de dados, grafos de chamadas a sub-rotinas, diagramas entidade-relacionamentos (estruturas de banco de dados e UML), diagramas de representação de conhecimentos e redes semânticas, gerenciamento de projeto (diagramas PERT), programação em lógica (árvores SLD), VLSI (esquemas de circuitos), sistemas de gerenciamento de documentos, entre outros (VAZ, 2004). A Figura 6 apresenta um exemplo de representação utilizando grafos, onde os vértices representam os personagens de *Les Misérables* e as arestas o relacionamento entre eles durante as cenas.

As árvores são apenas um tipo de representação mais geral das relações chamadas grafos. Tecnicamente uma árvore é um grafo conectado, acíclico e não ponderado.

Existem muitas outras possibilidades, incluindo grafos com bordas ponderadas, sem direção, ciclos, desconectados, baseado em força, etc (WARD, 2015).

Figura 6 – Grafo que representa a ocorrência dos personagens de *Les Misérables*.



Fonte: BOSTOCK, 2017.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo serão apresentados trabalhos relacionados ao tema deste trabalho, envolvendo visualização e análise de dados, sobre *Supply Chain* e *Supply Chain Management*.

3.1 Virtualização de cadeias de suprimentos de alimentos com a internet das coisas

Segundo Verdouw et al. (2016), o setor de alimentos é um domínio desafiador do ponto de vista da gestão da cadeia de suprimentos, pois precisa de sistemas avançados de controle que possam lidar com produtos perecíveis, variações de fornecimento imprevisíveis e requisitos rigorosos de segurança e sustentabilidade dos alimentos. A virtualização é uma abordagem promissora para enfrentar esses desafios, pois permite a simulação e otimização de processos de alimentos usando sistemas de software em vez de conduzir experimentos físicos. Com as atuais tecnologias da Internet, a virtualização também pode ser usada dinamicamente na gestão operacional das cadeias de suprimento de alimentos (VERDOUW et al., 2016). Consequentemente, as cadeias de suprimento de alimentos podem ser monitoradas, controladas, planejadas e otimizadas remotamente e em tempo real por meio da internet com base em objetos virtuais em vez de observação no local.

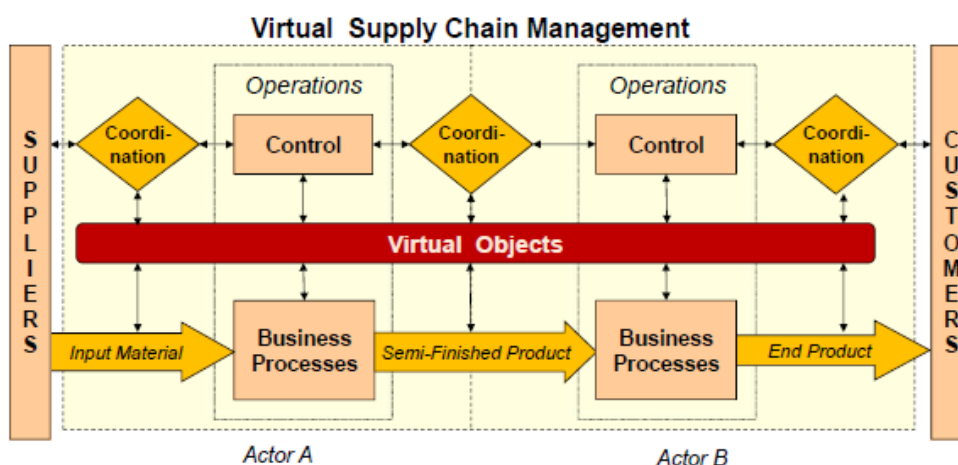
O conceito de virtualização tem sido usado como um *slogan* convincente para descrever o impacto revolucionário das TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) nos processos de negócio, organizações e na sociedade. Basicamente, a palavra “virtual” é usada em contraste com “real” e “física”, o que significa que tem essência ou efeito sem uma aparência ou forma da vida real. A virtualização é usada em referência a representações digitais de equivalentes reais ou imaginários da vida real. E ainda, virtualização remove restrições fundamentais relativas a (VERDOUW et al., 2016):

- Local: representações virtuais não requerem presença geográfica, ou seja, proximidade física, a ser observada, controlada ou processada;
- Tempo: além da representação de objetos reais, a virtualização pode reproduzir estados históricos, simular estados futuros ou imaginar um mundo não existente;

- **Observação Humana:** as representações virtuais podem visualizar informações sobre propriedades do objeto (como informações de temperatura ou imagens de raios-X) que não podem ser observadas pelos sentidos humanos.

O trabalho de Verdouw et al. (2016), analisa especialmente a virtualização a partir de uma perspectiva de coisas virtuais, relacionada ao conceito de Internet das Coisas (IoT). A IoT combina os conceitos “Internet” e “Coisa” e pode, portanto, semanticamente ser definida como “uma rede mundial de objetos interconectados exclusivamente endereçáveis, baseada em protocolos de comunicação padrão” (VERDOUW, 2016). O conceito foi introduzido pela primeira vez pelo MIT Auto-ID Center para rotular o desenvolvimento em direção a um mundo onde todos os objetos físicos podem ser rastreados via internet, marcando-os com dispositivos RFID. Enquanto isso, o significado é expandido para uma rede mundial de objetos conectados inteligentes que são sensíveis ao contexto e podem ser identificados, detectados e controlados remotamente usando sensores e atuadores (VERDOUW et al., 2016). Objetos virtuais podem ser usados para coordenar e controlar os processos de negócios remotamente através da Internet, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Virtualização a partir de uma perspectiva da Internet das Coisas.



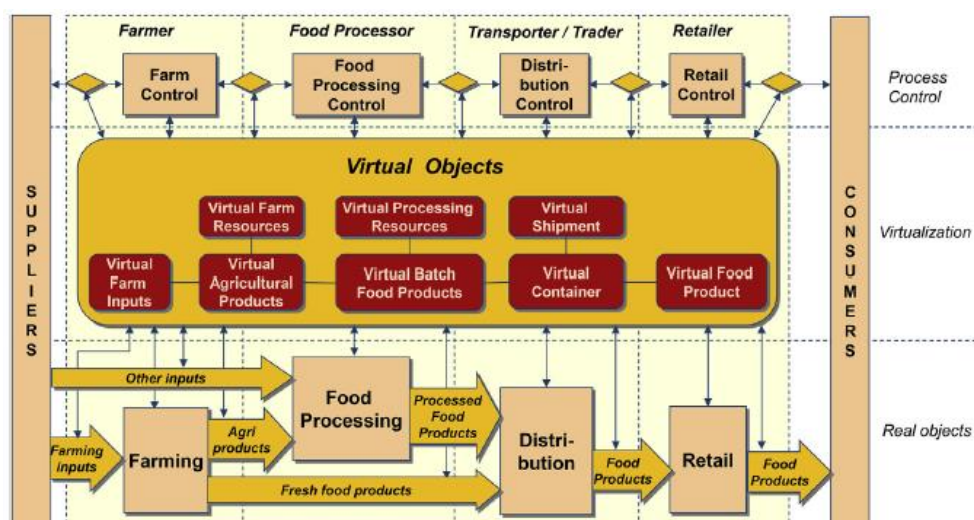
Fonte: VERDOUW et al., 2016.

A virtualização permite a desvinculação de fluxos físicos dos aspectos de informações das operações. O SCM virtual não requer mais proximidade física, o que implica que o caminho ou rota seguido pelos produtos físicos da origem até o destino não depende mais da localização dos parceiros que executam o controle e a coordenação.

Esses parceiros, portanto, podem não ter acesso físico aos produtos e recursos e controle hierárquico sobre os parceiros que executam as operações (VERDOUW et al., 2016).

A virtualização das cadeias de suprimentos de alimentos tem que lidar com uma alta complexidade de rede, objeto, processo e controle. A Figura 8 mostra uma representação simplificada da realidade (VERDOUW et al., 2016).

Figura 8 - Visão geral simplificada das cadeias de fornecimento de alimentos virtualizadas.



(Fonte: VERDOUW et al., 2016).

A complexidade de redes, objetos e processos das cadeias de suprimento de alimentos demanda sistemas avançados para manter as cadeias de fornecimento de alimentos sob controle. Além disso, o controle de alimentos é complicado por uma alta incerteza de demanda e oferta. Os mercados estão se tornando mais turbulentos, as preferências dos consumidores estão mudando e, conseqüentemente, a demanda é diversificada e difícil de prever. Os processos de alimentos em toda a cadeia de fornecimento devem ser continuamente monitorados, (re) planejados e otimizados com base em informações em tempo real do local, qualidade dos alimentos e outros parâmetros relevantes. Como resultado, são necessários sistemas de controle sofisticados que fornecem recursos da cadeia de suprimentos para: (i) monitoramento, (ii) gerenciamento de eventos, (iii) otimização e (iv) autonomia (VERDOUW et al., 2016).

O monitoramento virtual da cadeia de suprimentos permite o monitoramento abrangente da condição, operação e ambiente externo de um produto por meio de sensores

e fontes de dados externas. Um objeto virtual pode alertar os participantes da cadeia de suprimento sobre por exemplo, incidentes de segurança alimentar, desvios de temperatura ou problemas de qualidade de alimentos. O monitoramento também permite que empresas e clientes rastreiem a localização, proprietário e outras características operacionais de um objeto, bem como rastrear seu histórico, seu destino e uso pelos clientes finais (VERDOUW et al., 2016).

O gerenciamento de eventos virtual da cadeia de suprimentos adiciona inteligência para ações corretivas, ou seja, regras que direcionam como os objetos devem responder a eventos específicos, por exemplo, se ocorrer uma contaminação e for detectada, desencadear o procedimento de *recall* de alimentos ou se uma remessa de entrada for atrasada, reagendar a logística de saída. A condição ou ambiente dos objetos pode ser corrigido remotamente usando atuadores, por exemplo, “se a temperatura ficar muito alta, ligue o cooler” (VERDOUW et al., 2016).

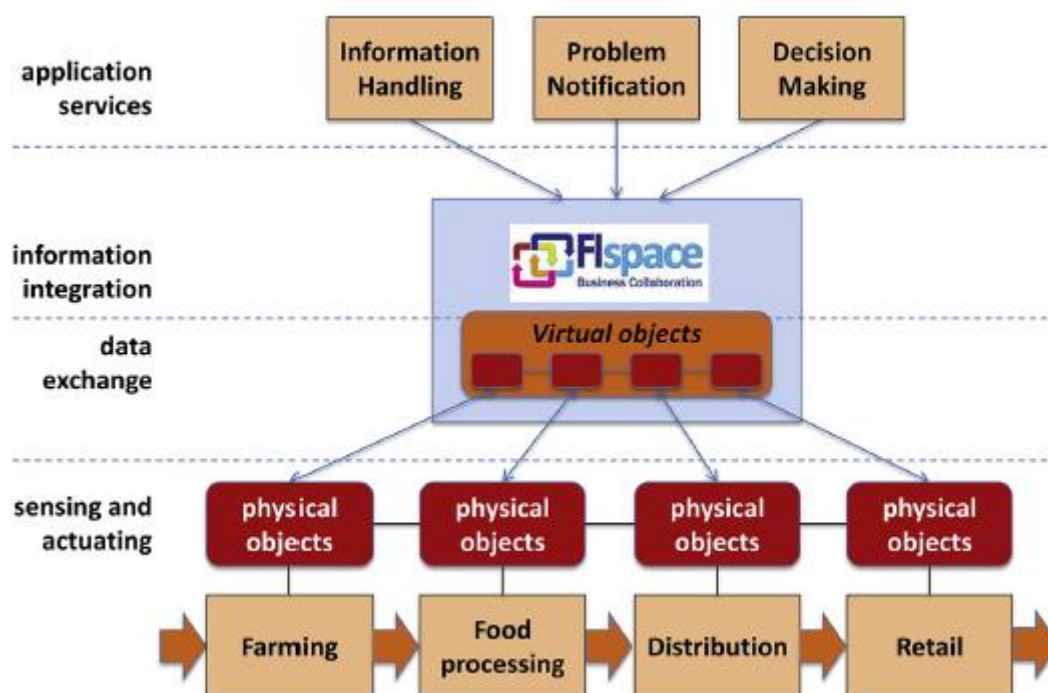
A otimização virtual da cadeia de suprimentos aprimora as operações da cadeia de suprimentos aplicando algoritmos avançados e análises para simulação e suporte à decisão com base em dados operacionais. Além disso, ações proativas podem ser implementadas com base em modelos de otimização e análise preditiva, por exemplo, simulação do prazo de validade para determinar as consequências de alterações de qualidade detectadas no momento em que o produto chega ao seu destino (VERDOUW et al., 2016).

A autonomia virtual da cadeia de suprimentos é uma combinação de recursos de monitoramento, controle e otimização permite que os objetos operem de forma autônoma ao viajar pela cadeia de suprimentos, sem intervenção no local ou remota por seres humanos. Objetos autônomos também podem se tornar sistemas auto adaptativos que são capazes de aprender sobre seu ambiente, auto diagnosticar suas próprias necessidades de serviço e se adaptar as preferências dos usuários (VERDOUW et al., 2016).

A Figura 9 apresenta as quatro camadas de virtualização e mostra como o FIspace funciona como uma plataforma intermediária entre elas. O FIspace é uma plataforma que baseia-se em um modelo de entrega de software como serviço (SaaS), no qual os desenvolvedores de TIC podem desenvolver facilmente serviços de aplicativos de software inteligentes com base nos ativadores genéricos do FIWARE (FIWARE, 2015). Esses aplicativos devem colaborar de forma transparente para suportar processos de

controle de negócios, facilitando a troca de dados e a integração de informações. O FIspace foi selecionado porque foi desenvolvido principalmente para redes altamente dinâmicas e heterogêneas, como cadeias de suprimento de alimentos, e porque a virtualização está bem incorporada em sua arquitetura, especialmente através de facilitadores para a Internet das Coisas (IoT) e Processamento de Eventos Complexos (VERDOUW et al., 2016).

Figura 9 - Arquitetura de sistemas de informação para virtualização da cadeia de suprimentos baseada na plataforma FIspace.

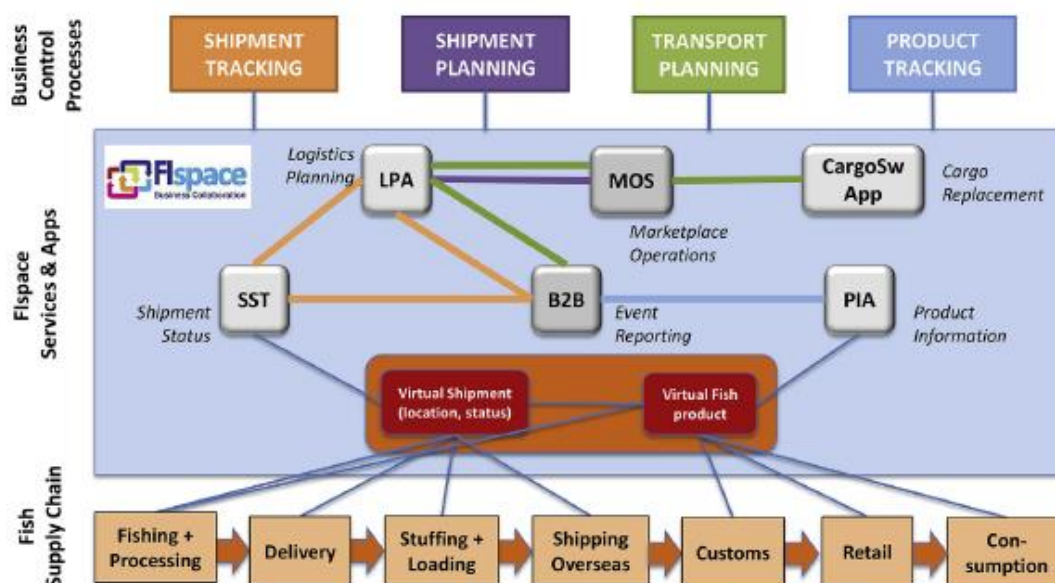


Fonte: VERDOUW et al., 2016.

Em exemplo do uso da arquitetura apresentada anteriormente, Verdouw et al. (2016) apresentou o caso da cadeia de suprimentos de peixe. A Figura 10 mostra como o FIspace está suportando vários processos de controle de negócios de uma cadeia de suprimento de peixe virtualizada de uma maneira simplificada (nem todas as relações entre os componentes são mostradas). O produto (peixe em caixas) é virtualizado por meio do *Product Information App* (PIA) que, em um estágio posterior, pode ser usado para fornecer informações aos consumidores. A unidade de logística (neste caso, um contêiner marítimo) é virtualizada por meio do *Shipment Status App* (SST), conectado aos sistemas de *back-end*. O serviço principal *Business-to-Business* (B2B) acompanha o

produto e o status da remessa, incluindo cancelamentos tardios. Essas informações são inseridas no *Logistics Planning App* (LPA), que oferece suporte ao planejamento da operação logística dos expedidores. Estabelece um plano de execução de transporte apropriado para o tipo específico de produto e envio. Posteriormente, o LPA seleciona serviços de transporte adequados com base em informações em tempo real sobre os serviços de transporte disponíveis no *Market Service Operations App* (MOS). Finalmente, o *Cargo Search App* (CargoSwApp) é usado pelas transportadoras para encontrar cargas para o navio. Ele também suporta a substituição de cancelamentos tardios, pesquisando informações sobre a demanda de transporte disponível no MOS. Esta funcionalidade é importante para melhorar a utilização da capacidade da embarcação, devido à incerteza inerente ao fornecimento de peixe. O CargoSwApp também suporta o processo de negociação de reserva (recebimento e envio de ofertas) entre a transportadora e o usuário do transporte (expedidor).

Figura 10 – FIspace apoiando vários processos de controle na cadeia de suprimentos de peixe.



Fonte: VERDOUW et al., 2016.

O conceito de cadeias de suprimentos de alimentos virtuais é definido a partir de uma perspectiva de coisas virtuais, na qual quatro dimensões de complexidade da virtualização da cadeia de suprimentos são abordadas: (i) rede, (ii) objeto, (iii) processo e (iv) controle. A virtualização pode ser uma abordagem poderosa para gerenciar essa

complexidade porque permite que os tomadores de decisões em toda a cadeia de suprimentos de alimentos, monitorem, controlem, planejem e otimizem os processos de negócios remotamente e em tempo real via internet com base em objetos virtuais. A implementação da virtualização nas cadeias de suprimentos de alimentos requer uma infraestrutura que ofereça suporte as empresas de alimentos, inclusive pequenas e médias empresas, para se conectar facilmente a objetos virtuais de maneira segura e confiável, enquanto gerencia a integridade entre diferentes visões. Para isso, a arquitetura da plataforma FIspace foi projetada como um ambiente de negócios coerente em que aplicativos e serviços inteligentes interajam uns com os outros para gerenciar objetos virtuais (VERDOUW et al., 2016).

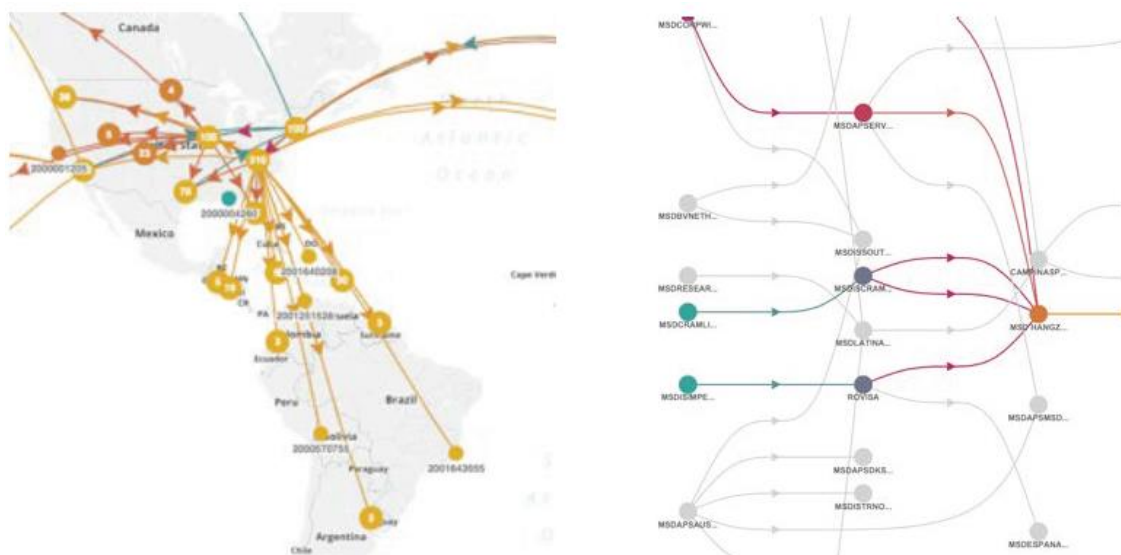
3.2 Visualização de ponta a ponta da cadeia de suprimento

A visibilidade da cadeia de suprimentos é um desafio-chave para os negócios: em uma pesquisa recente com profissionais de continuidade de negócios, quase 75% relataram falta de visibilidade em suas cadeias de suprimentos. O problema é ainda mais pronunciado para as cadeias de suprimentos estendidas: a maioria das empresas tem pouca ou nenhuma informação sobre fornecedores de segundo e terceiro níveis. A visualização completa da cadeia de suprimentos modela o fluxo de produtos de matérias-primas até produtos acabados, permitindo novos tipos de análise para operações, riscos e sustentabilidade (SOURCEMAP, 2016).

As visualizações de dados tradicionais, como gráficos de pizza, gráficos de barra e similares, são projetadas para destacar relações quantitativas simples. As visualizações avançadas de hoje permitem descobrir os padrões e os relacionamentos por trás de grandes e multidimensionais conjuntos de dados. Uma cadeia de suprimentos típica de ponta a ponta inclui centenas de links de remessa conectando milhares de fornecedores, fabricantes, distribuidores e clientes. A modelagem dessas redes complexas se baseia em técnicas que foram originalmente desenvolvidas para visualizar os milhões de usuários em uma rede social. Ao contrário dos negócios tradicionais tabelas e gráficos, esses diagramas de rede precisam ser interativos para que seja fácil procurar e classificar instantaneamente a cadeia de suprimentos por produtos individuais, remessas, e principais indicadores de desempenho (SOURCEMAP, 2016).

A melhor maneira de gerar visualizações da cadeia de suprimentos é minerando os dados em bancos de dados corporativos, incluindo fornecedores, pedidos de compra, remessas e inventário. Visibilidade adicional pode ser obtida de fontes de terceiros: pesquisas com fornecedores, relatórios de auditoria e conhecimentos de embarque, por exemplo. Uma vez extraídos, os dados da cadeia de suprimentos são automaticamente unidos em uma visualização interativa da rede de ponta a ponta (Figura 11). O painel de visualização da cadeia de suprimentos pode ser compartilhado em toda a empresa para que qualquer pessoa possa pesquisar, filtrar, analisar, exportar e reformular (SOURCEMAP, 2016).

Figura 11 - Dois tipos de visualização da cadeia de suprimento de ponta a ponta: geográfica (esquerda) e rede (direita).



Fonte: SOURCEMAP, 2016.

De acordo com SourceMap (2016) os benefícios da visualização completa da cadeia de suprimentos incluem: validação dos dados, relatório de cadeia de custódia, *benchmarking* (avaliação) de fornecedores, planejamento e otimização da cadeia de suprimentos, identificação de riscos, etc.

Em exemplo dos benefícios citados anteriormente, o planejamento e otimização da cadeia de suprimentos tem o objetivo de melhorar o desempenho da cadeia, reduzir custos, *lead time* (tempo de entrega para o cliente) e níveis de serviço. Utilizando informações de suprimentos, custos, estoque e demanda, por exemplo. A visualização completa da cadeia de suprimentos fornece um modelo completo do fluxo de mercadorias

para os clientes, deste modo os gestores das empresas conseguem tomar decisões conhecendo o impacto em toda a cadeia (SOURCEMAP, 2016).

A visualização de rede de ponta a ponta tem várias vantagens para a otimização da cadeia de suprimentos, devido à sua capacidade de incluir vários níveis em um único painel analítico. As economias em uma parte da cadeia de suprimentos são calculadas com os custos incorridos em outra: por exemplo, uma matéria-prima mais barata pode exigir estoques adicionais ou prazos de entrega mais altos. É mais fácil se concentrar em um caminho crítico do produto (uma sequência de etapas que aumenta significativamente o custo geral ou o *lead time*) e desconsiderar partes já eficientes da cadeia de suprimentos, onde as melhorias não afetarão o todo (Figura 12) (SOURCEMAP, 2016).

Figura 12 – Um exemplo de visualização da cadeia de suprimentos de ponta a ponta para otimização: prazos de entrega em dias sobrepostos em um mapa da cadeia de suprimentos (esquerda) e modelo de rede (direita).



Fonte: SOURCEMAP, 2016.

As aplicações de visualização da cadeia de suprimentos de ponta a ponta são infinitas. O artigo de SourceMap (2016), apresentou algumas das vantagens disponíveis para empresas dispostas a visualizar suas operações globais a partir de dados que já tem acesso. Tornar esses dados acionáveis melhora a eficiência da cadeia de suprimentos e reduz os riscos, levando a uma rede de distribuição sob demanda e pontual (SOURCEMAP, 2016).

3.3 Visualização mutuamente coordenada de metadados de produtos e cadeia de suprimentos para projetos sustentáveis

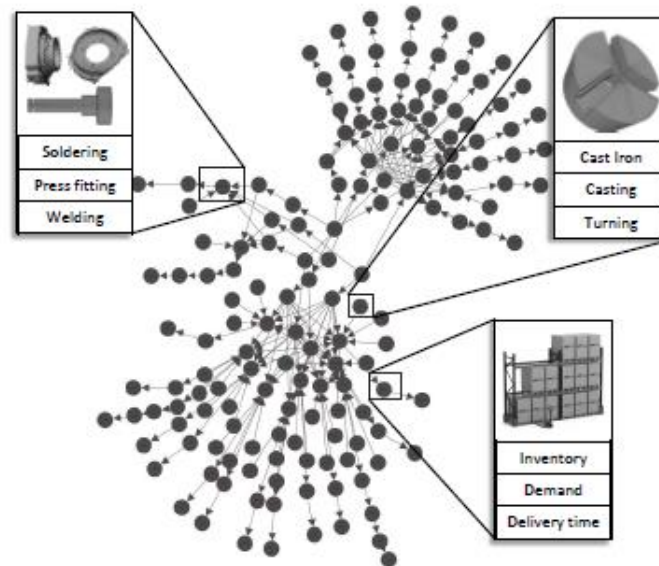
Segundo Bernstein et al. (2015), com futuros regulamentos ambientais iminentes nos Estados Unidos, as empresas enfrentam a necessidade de melhorar os sistemas de produtos existentes para desempenho ambiental, algo que muitas vezes apresenta cenários de decisão difíceis. A complexidade desses cenários é composta uma vez que a cadeia de suprimentos é levada em consideração. Mesmo conduzindo uma avaliação completa do ciclo de vida (ACV), ainda é difícil identificar oportunidades viáveis de redesenho, incluindo o custo de balanceamento e desempenho operacional com desempenho ambiental. Muitos métodos de avaliação de impacto, tais como a Ferramenta da Agência de Proteção Ambiental (APA) para a Redução e Avaliação de Substâncias Químicas e outras Impactos (TRACI), expressam impacto ambiental através de várias categorias de impacto, apresentando essencialmente problema de decisão multicritério para o praticante. Mesmo assim, a ACV tornou-se o método mais aceito para avaliar a impacto ambiental de produtos, processos e sistemas.

As atuais plataformas e metodologias de ACV podem informar redesenho de práticas, mas a falta de representações intuitivas de dados cria barreiras relacionadas à decisão (BERNSTEIN et al., 2015). Para superar esses desafios, Bernstein et al. (2015) utilizaram princípios orientadores dos campos de análise visual e visualização de informação (InfoVis), para desenvolver uma estrutura analítica visual interativa que apoia redesenho eco-consciente para cadeias de suprimentos. A plataforma concentra-se na interpretação de tributos no nível do produto, como os impactos da ACV, com base na estrutura de uma cadeia de suprimentos e a arquitetura do seu produto. Para este fim, a estrutura oferece visualizações dinâmicas de dados de ACV de múltiplas perspectivas, permitindo ao usuário descobrir anomalias e entender as implicações do redesenho. Isso permite a decisão fabricantes para entender melhor o impacto do redesenho um componente e como a alteração proposta se propaga através do resto do sistema do produto. O objetivo é diminuir barreiras associadas ao estágio de interpretação da ACV, permitindo a tomada de decisões relacionadas ao redesenho para as partes interessadas. Para demonstrar essa estrutura, apresentaram uma ferramenta de software protótipo, chamada ViSER (*Visualizing Supply chains for Eco-conscious Redesign*). ViSER é uma ferramenta interativa de visualização que fornece uma interface que consiste em múltiplas

visões mutuamente coordenadas proporcionando perspectivas de uma apresentação específica da cadeia de suprimentos. Nesse contexto, a coordenação mútua refere-se à manutenção de um link de cada interação do usuário com relação a cada saída de visualização, incluindo as visualizações resultantes e os dados de *back-end* (BERNSTEIN et al., 2015).

A Figura 13 fornece uma representação visual de uma rede de cadeia de suprimentos de equipamentos periféricos de computador. Todos os estágios da cadeia de suprimentos com seus metadados associados são representados. No contexto da reformulação do produto, entender os efeitos da alteração de um componente específico em relação ao restante do sistema do produto é bastante difícil, pois existem relacionamentos indiretos e diretos com outras entidades da rede. Ao considerar os metadados associados a cada nó, como materiais e processos de fabricação, a complexidade de tais cenários de reformulação é agravada, pois esses atributos podem depender de restrições espaciais e temporais. Portanto, é necessário o desenvolvimento de técnicas mais eficazes e transparentes para representar esses gráficos no contexto do planejamento de redesenho, aumentando a visibilidade dos dados diretamente para o tomador de decisão (BERNSTEIN et al., 2015).

Figura 13 - Visualização baseada em grafos de uma cadeia de suprimentos de equipamentos periféricos. Cada nó transporta metadados do produto dependendo do tipo de escalão da cadeia de suprimentos, como um estágio de montagem, fabricação de peças e armazenamento.



Fonte: BERNSTEIN et al., 2015.

O ViSER é uma ferramenta de visualização interativa que consiste em um painel com múltiplas visualizações coordenadas que fornecem várias perspectivas sobre um determinado cenário da cadeia de suprimentos. Com base nos desafios discutidos para projetar sistemas de produtos ambientalmente eficientes, Bernstein et al. (2015) forneceram quatro requisitos para o protótipo da ferramenta:

R1: Aumentar o processo de exploração para um cenário potencial de redesenho.

R2: Coordenar mutuamente a seleção de uma entidade em um gráfico em relação ao outro.

R3: Ajudar as compensações entre as métricas de desempenho ambiental e tradicional.

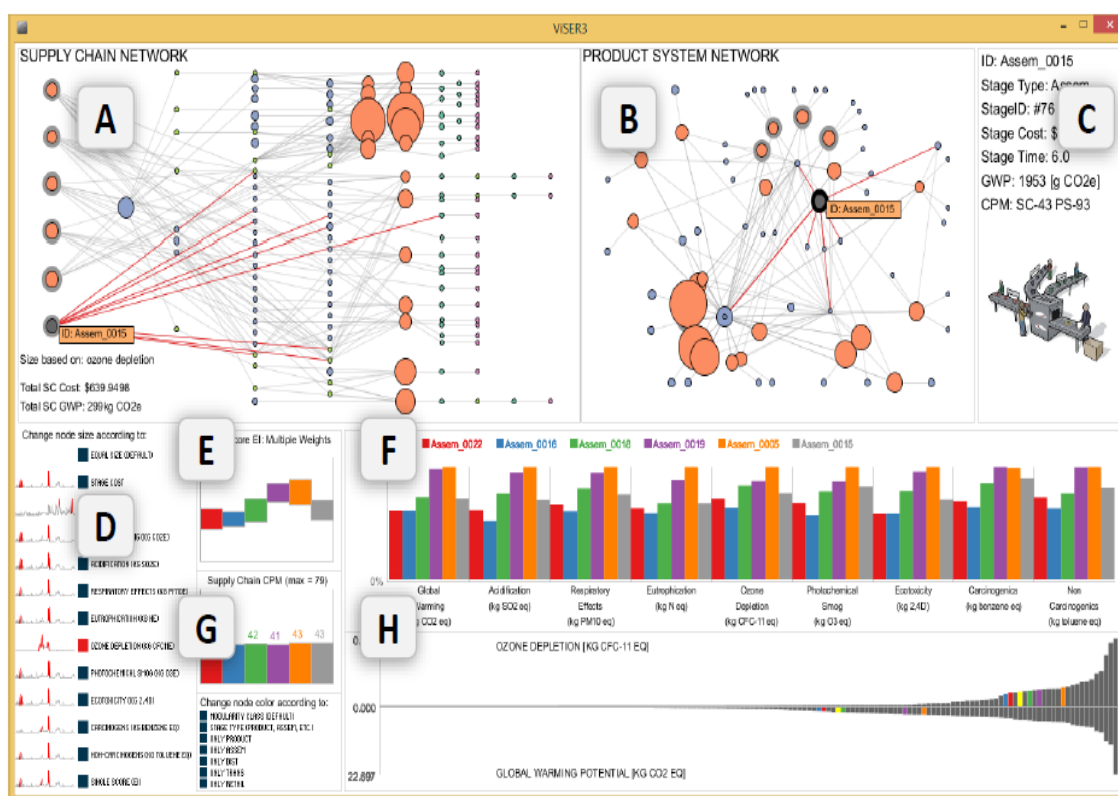
R4: Definição de esquemas de ponderação de impacto ecológico ativados pelo usuário para interpretação dos resultados.

Para atender a R1, o ViSER permite levantamentos dinâmicos e rápidos dos atributos do nó de uma maneira centrada no usuário. Em geral, a principal âncora cognitiva da ferramenta está dentro do visual atributos de nós gráficos, incluindo tamanho, cor e posição. Cada recurso e sua intenção são explicados abaixo.

- **Cor:** Uso de cores para identificar o tipo de nó dentro dos gráficos. O esquema de coloração padrão baseia-se no tipo de etapa da cadeia de suprimentos, em geral, componente, montagem e varejo. Opções de cores adicionais estão disponíveis através de uma caixa de seleção, incluindo um esquema de coloração baseado em um algoritmo de agrupamento descrito por Blondel. O ViSER oferece opções adicionais de coloração com base em tipos de etapas específicas.
- **Tamanho:** O tamanho do nó é diretamente proporcional ao valor normalizado de um critério selecionado pelo usuário (Figura 14D). O dimensionamento de nó no ViSER auxilia.
- **Posição:** Permite-se o posicionamento de nós dinâmicos, onde os usuários podem alternar um mecanismo de layout de rede. Como alternativa, o usuário pode selecionar um layout de árvore para a cadeia de suprimentos, que apresenta uma representação para as relações pai-filho das etapas da cadeia de suprimentos.

Além de exibir os nós de acordo com atributos específicos, todos os dados brutos associados a um nó podem ser acessados através do visualizador de detalhes, que é preenchido após a seleção de um nó específico, como visto na Figura 14C.

Figura 14 - Captura de tela da ferramenta ViSER. Cada característica da plataforma ViSER é descrita da seguinte forma: (A) um gráfico direcionado que representa a rede da cadeia de suprimentos, pois as arestas conectadas aos nós selecionados são mostradas em vermelho, (B) uma representação do gráfico do sistema do produto orientada por uma combinação de física direcionada à força e manipulação do usuário, (C) um painel com informações detalhadas sobre o item selecionado mais recentemente, (D) sparklines para cada critério com outliers mostrados em vermelho, (E) um boxplot que fornece uma variedade de impactos de pontuação única por seleção, (F) um gráfico de comparação de categorias de impacto para nós selecionados, (G) alterar os resultados de propagação para nós selecionados e (H) o perfil dos atributos do nó selecionado, ecotoxicidade.

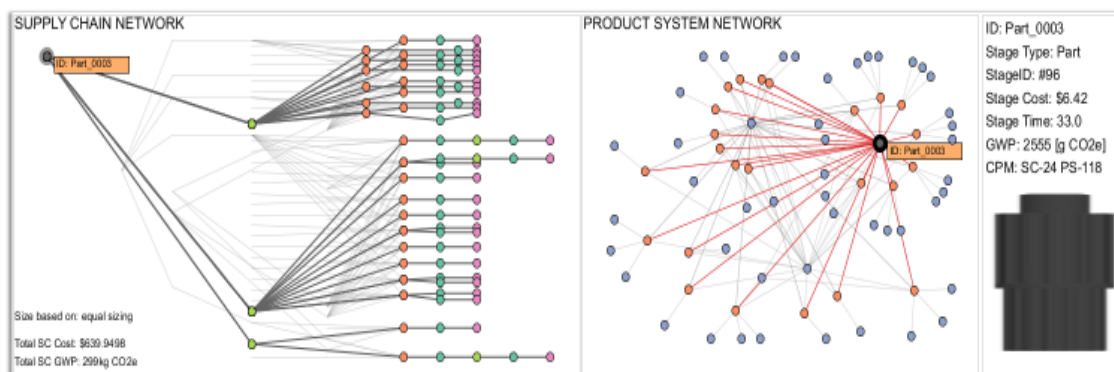


Fonte: BERNSTEIN et al., 2015.

Como um dos principais objetivos da ferramenta ViSER é comparar diferentes alternativas de redesenho, esta oferece múltiplas visualizações para comparação de nós. Em sua forma atual, a ferramenta permite comparar seleções de nó único. Elementos da representação visual ilustrada na Figura 14 são revistos a seguir.

- *Sparklines*: a detecção de anomalias é realizada por meio de os *sparklines* para cada critério, visto na Figura 14D. Valores que excedem cinco vezes a média de todos os nós é destacada em vermelho.
- Gráfico de Barras do Perfil: O gráfico de barras do perfil representa visualmente valores de nós selecionados para facilitar a pesquisa. Quando dois critérios são selecionados, o gráfico de barras do perfil se divide em dois gráficos adjacentes, cada um representando um dos critérios. Ao passar o mouse sobre um nó, a barra apropriada dentro do gráfico é realçada.
- Gráfico de Barras Clusterizadas: Quando dois ou mais nós são selecionados, um gráfico de barras normalizado para múltiplos critérios é mostrado, como ilustrado na Figura 14F. Isso permite comparação de vários nós em diferentes critérios. Os valores podem ser expressos como uma fração do valor máximo em cada categoria ou apenas entre os nós selecionados.
- *CPM Barchart*: Calculou-se o CPM com base em cada gráfico, tanto na árvore da cadeia de suprimentos quanto na rede do sistema de produtos, visto na Figura 14G.
- Pontuação única do Gráfico de Barras: Com base em estudos-piloto, incluiu-se um gráfico de barras que mostra um valor mínimo e máximo do impacto ambiental de uma única pontuação.
- Visualizador da Cadeia de Valor: A Figura 15 ilustra o visualizador de cadeia de valor implementado no ViSER. Após clicar com o botão direito em um nó já selecionado, a cadeia de valor à qual esse nó pertence é destacada na cadeia de suprimento. Isso permite que os usuários filtrem rapidamente entidades dentro da cadeia de suprimentos.

Figura 15 - Visualizador da cadeia de valor. Se os usuários desejarem investigar a cadeia de valor de um determinado produto, clicam com o botão direito do mouse em um nó no gráfico do sistema do produto e sua cadeia de valores é enfatizada no gráfico da cadeia de suprimentos.



Fonte: BERNSTEIN et al., 2015.

Além disso, à medida que o usuário passa o mouse sobre um nó, o rótulo de ID associado a essa entidade é mostrado nos dois gráficos para fornecer uma compreensão de sua função nos dois contextos. Ainda, as arestas diretamente conectadas a esse nó são mostradas em vermelho para dar uma ideia representativa da conectividade desse nó. Por exemplo, um componente que é compartilhado entre vários subconjuntos pode estar associado a vários caminhos. A coordenação dos recursos do ViSER fornece múltiplas possibilidades de exploração de dados, cumprindo R2 e R3 (BERNSTEIN et al., 2015).

3.4 Visualizações e análises para cadeia de suprimentos

De acordo com Kamran et al. (2013), fisicamente, uma cadeia de suprimentos é sobre o movimento de mercadorias. Mas no mundo acelerado de hoje, onde minuto de tempo perdido não é uma opção, instalações de fabricação ociosas são um desperdício de recursos, onde os custos não são medidos apenas em números reais, mas também números potenciais (custo de oportunidade). Cadeias de suprimentos se tornaram muito maiores do que apenas movimentos de estoque e posicionamento de recursos relacionados ao tempo.

Cadeias de suprimentos tornaram-se sistemas complexos, confusos e altamente integrados. Essa é a complexidade com a qual não se pode mais trabalhar eficientemente

sem muita ajuda de técnicas avançadas de computação e intrincados sistemas de apresentação de dados. Os sistemas ERP ajudaram a tornar os dados disponíveis, mas converter ou transformar esses dados em informações acionáveis continua sendo um desafio (KAMRAN et al., 2013).

A natureza inerente do modo como os sistemas ERP trabalham faz reportar um problema. A cada minuto, uma transação é registrada nos sistemas ERP, que constituem os dados. Quando se trata de relatórios, os dados são compilados de baixo para cima. Esses detalhes minuciosos são agrupados e compilados em cada etapa para formar o relatório para esse nível específico de função. Por exemplo, o relatório pode conter todos os movimentos de um único material de uma loja para um armazenista ou pode formar um agregado de produtos transferidos de um armazém inteiro para um gerente de depósito. Para o gerente, se for necessária uma análise detalhada, um movimento de mercadorias ao longo de seis meses, poderá aparecer um relatório de cinquenta mil linhas, o que é entediante para se trabalhar (KAMRAN et al., 2013). A Figura 16 apresenta um exemplo da aparência desse relatório.

Figura 16 – Sistema SAP ERP.

SLoc	MvT	S	Mat.Doc.	Item	Postg Date	Quantity	BUn
1120	411	E	4902167899	15	20.07.2010	1.682-	KG
1120	101	E	5000765749	8	20.07.2010	1.682	KG
1120	412	E	4902291967	1	19.11.2010	100,920	KG
1120	601	E	4902291975	1	19.11.2010	100,920-	KG
1120	412	E	4902300130	1	26.11.2010	100,920	KG
1120	601	E	4902300131	1	26.11.2010	100,920-	KG

Fonte: KAMRAN et al., 2013.

O problema básico com os dados de relatório é seu tamanho. Deixando a complexidade das cadeias de suprimentos para trás e apenas focalizando em um aspecto da cadeia, por exemplo, os movimentos de estoque como segue:

- Um produto ao longo da cadeia em vários meses;
- Todos os produtos em uma planta por um mês;
- As vendas de uma determinada área de negócios.

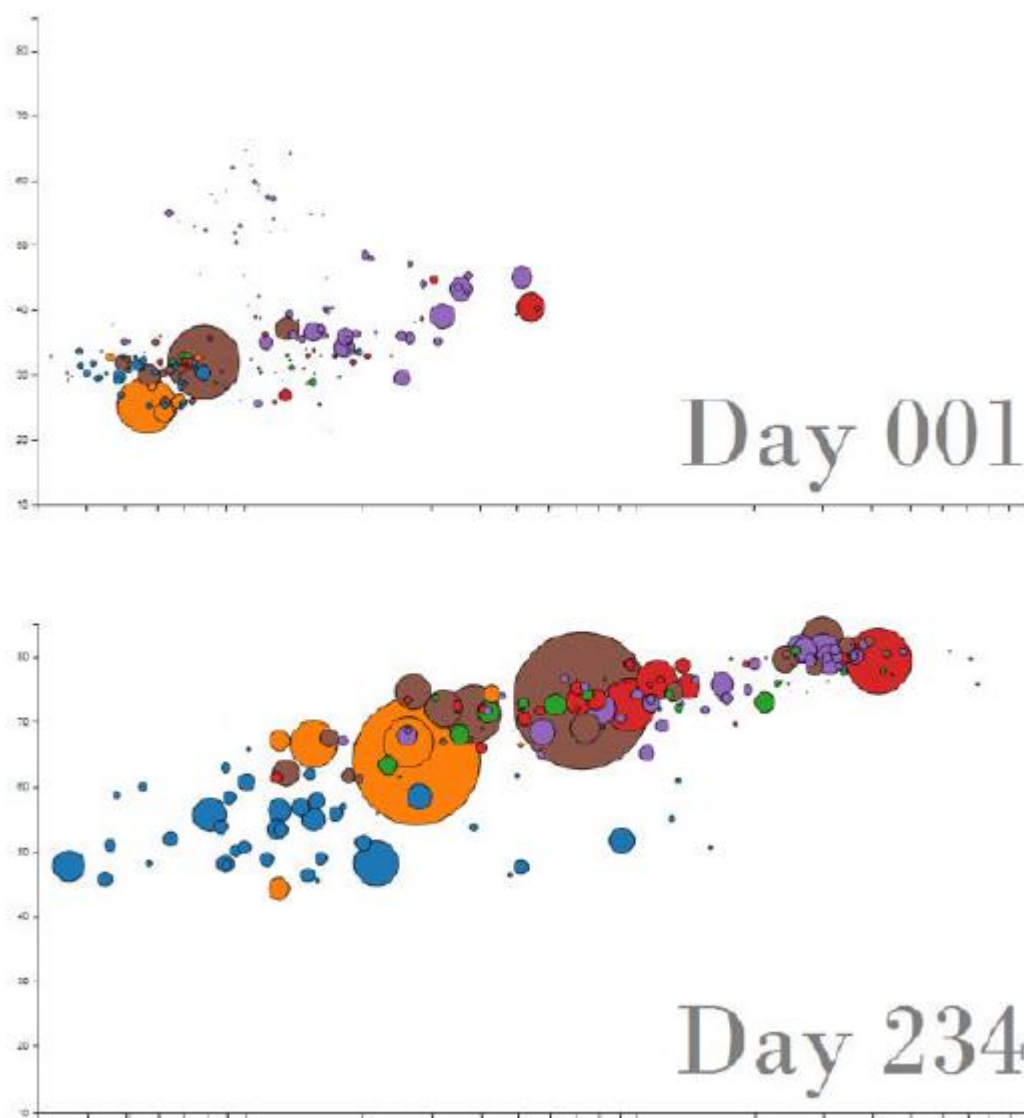
Todos esses são exemplos de dados que podem ser extraídos facilmente usando relatórios padrão fornecidos pela maioria dos principais sistemas ERP ou relatórios desenvolvidos de forma personalizada, mas a quantidade de dados pode ser enorme e inadequada para ser consumida em formatos tradicionais de relatórios. Os relatórios tradicionais apresentam dados em um formato de linha/coluna, como mostrado na Figura 16 (KAMRAN et al., 2013). Mas supondo que seja um relatório de duas mil linhas para qualquer um dos cenários anteriores, segundo Kamran et al. (2013) existem quatro maneiras de analisar o relatório:

- Opção 1: Estudar as 2.000 linhas conforme exibidas;
- Opção 2: Restringir os dados mostrados nesses relatórios por algum critério ou filtro;
- Opção 3: Resumir os dados agrupando os dados (intervalos de datas ou faixas de produtos ou intervalos de armazenamento físico) ou usar a média numérica;
- Opção 4: Usar gráficos de linha para análise de tendências.

A Opção 1 é entediante e não é útil em qualquer análise de tendências ou anomalias por causa do tamanho. A Opção 2 limita os dados que podem ser analisados, o que geralmente resulta em perda de *insights* ou relacionamentos. A Opção 3 sofre dessa mesma perda, o que pode acontecer quando os dados são calculados em média. A única opção viável para abranger todos os dados é a Opção 4, que é uma forma de visualização mais simples: um gráfico. Os gráficos funcionam bem quando visualizados em uma dimensão, como dados de séries temporais ou vendas versus dados de produção. Mas os dados de vendas versus produção como uma série de tempo? É nesse ponto que as limitações dos gráficos comuns proíbem uma análise posterior (KAMRAN et al., 2013).

Primeiro, por que as visualizações funcionam? O objetivo das visualizações é ajudar a entender os dados aproveitando a capacidade altamente sintonizada do sistema visual humano para ver padrões, identificar tendências e *outliers*. A única opção viável para uma análise profunda e precisa é a visualização de dados e sua transformação de números em visuais (KAMRAN et al., 2013). A Figura 17 mostra um exemplo de visualização de estoque versus vendas em relação ao tempo.

Figura 17 - Visualização de Estoque versus Vendas em relação ao tempo.



Fonte: KAMRAN et al., 2013.

Usando a forma circular na acima, uma terceira dimensão foi adicionada: o volume do próprio formato, que é independente das outras duas dimensões (eixos X e Y). Isso dá ao gráfico uma dimensão extra. Então, tornando o gráfico interativo e permitindo que o tempo mude sozinho com a animação ou controlando o movimento manualmente pelo uso de um mouse, uma quarta dimensão é adicionada. A Figura 17 mostra os gráficos em dois pontos de tempo. Tendo duas vantagens:

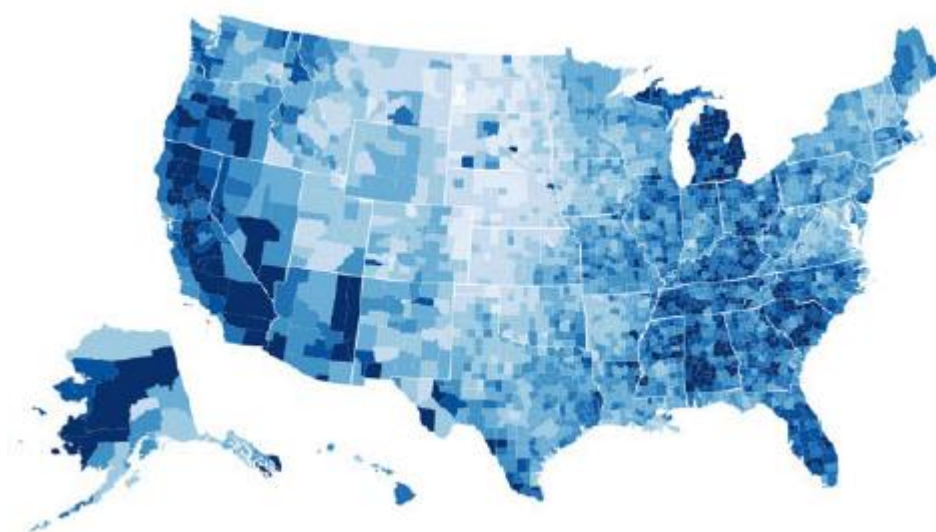
- Padrões podem ser vistos facilmente, mesmo com grandes números de linhas de dados.

- Dados dimensionais maiores podem ser representados (neste caso, quatro dimensões em vez das duas originais para gráficos de linhas ou gráficos cartesianos).

A razão pela qual essa abordagem funciona é simples: ela se baseia no princípio de Edward Tufte para visualizações, manter as coisas simples, organizadas e dar informações visualmente, em vez de números, porque os sistemas visuais da mente são muito mais desenvolvidos do que qualquer outro sistema sensorio (KAMRAN et al., 2013).

Kamran et al. (2013), apresentou outro exemplo de uma visualização eficaz que pode ser aplicada a muitos aspectos de uma cadeia de suprimentos, um mapa coroplético, como mostrado na Figura 18.

Figura 18 – Mapa Coroplético.



Fonte: KAMRAN et al., 2013.

A Figura 18 é um exemplo de uma visualização estática usando uma técnica exclusiva. Como os mapas coropléticos são tradicionalmente usados por um censo ou levantamentos populacionais, podem ser utilizados de forma eficaz para cadeias de suprimento envolvendo regiões geográficas. A própria forma da tela ou plotagem adiciona uma dimensão que transmite a localização. Outra dimensão pode ser adicionada, variando as intensidades de cor. Um recurso interessante a ser observado aqui é que, no

total, o mapa da Figura 18 fornece apenas duas dimensões, o que é o mesmo que uma plotagem tradicional. Entretanto, a própria natureza pela qual exibe as informações é muito intuitiva. Nada em texto ou números pode transmitir a informação geográfica, assim como esta ilustração pode. Deste modo, ao usar essas cadeias de suprimentos de mapas para mostrar mapas de vendas sobre regiões, fornecedores e volume de comércio, armazéns e posições de estoque ou ordens de compra e demandas relativas de áreas, pode-se obter informações detalhadas facilmente que também ajudam em outras decisões. Por exemplo, o reabastecimento de vários armazéns de acordo com a demanda de vendas (KAMRAN et al., 2013).

Não se pode gerenciar o que não é avaliado, e não se pode avaliar se não conseguir entender os dados possuídos. Assim, a melhor maneira de entender os dados é aproveitar o sentido visual altamente desenvolvido da mente humana (KAMRAN et al., 2013).

4 SCVis – Uma Ferramenta de Apoio ao Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

4.1 Considerações Iniciais

Este capítulo apresenta a ferramenta SCVis (*Supply Chain Visualization*), a qual é uma aplicação desenvolvida para plataforma web para auxiliar no gerenciamento da cadeia de suprimentos, com o uso das técnicas de visualização Baseada em *Treemap* e Baseada em Grafos.

Na área de gerenciamento da cadeia de suprimentos muitos desafios podem ser citados para que sejam transformados em requisitos que auxiliem os gestores na tomada de decisões. Para o desenvolvimento deste trabalho foram selecionados três requisitos que são considerados essenciais para um bom gerenciamento da cadeia de suprimentos e que atendem ao objetivo maior que é atender ao cliente final. Esses requisitos foram formulados com base nos estudos apresentados anteriormente e com a experiência de profissionais da área de cadeia de suprimentos e no contato com gestores de cadeia de suprimentos. Seguem abaixo:

- Requisito 1: Obter uma visão completa da cadeia de suprimentos para identificar possíveis rupturas no atendimento ao cliente (visão de vendas, estoque e produção);
- Requisito 2: Identificar disponibilidade de produtos; e
- Requisito 3: Realizar planejamento baseado na informação de previsão de demanda, identificando se a produção mais estoque irá atender a demanda dos clientes.

4.2 Metodologia

A seguir é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento da ferramenta SCVis.

4.2.1 Modelo de Cadeia de Suprimentos e Diagrama de Classes

O modelo de cadeia de suprimentos selecionado para este trabalho é o modelo mais simples e direto. Esse modelo não possui muitos elos e envolve apenas os componentes principais: fornecedor, organização e cliente, como mostra a Figura 19.

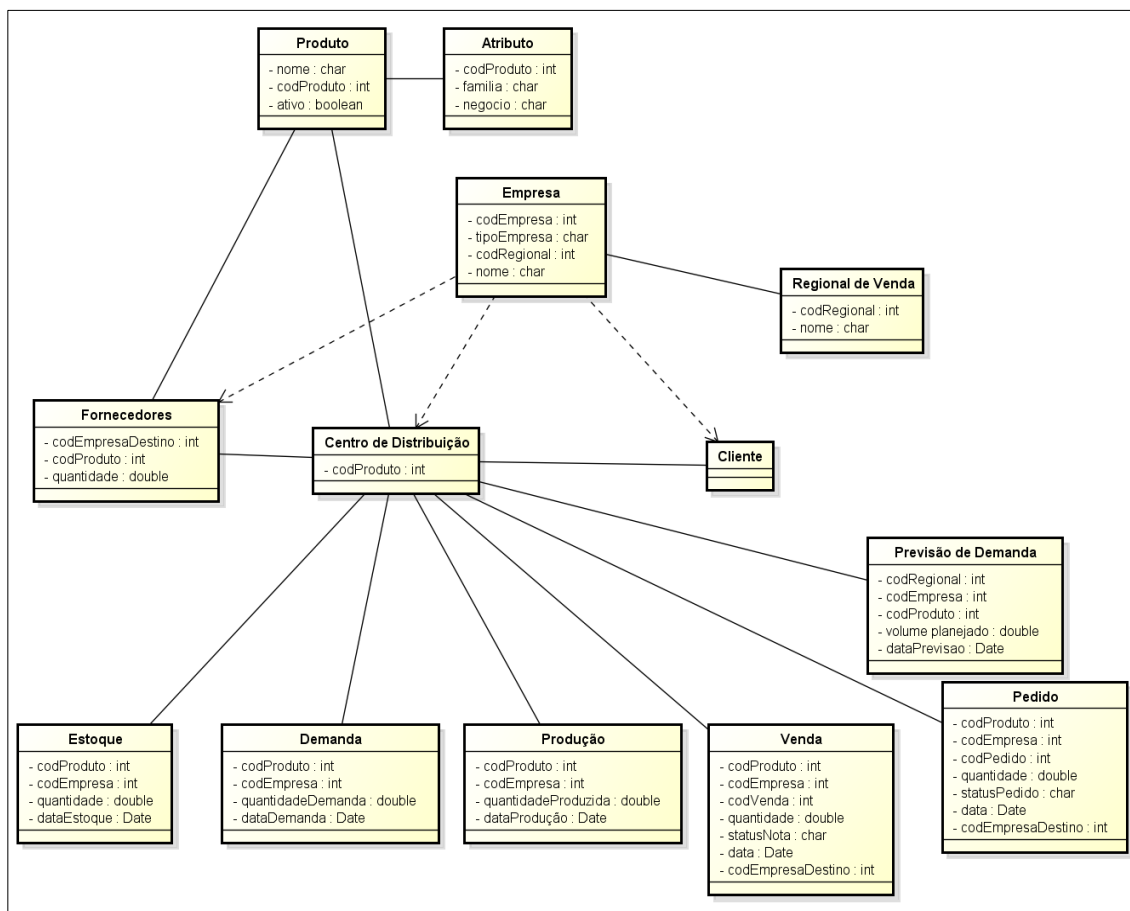
Figura 19 – Modelo de cadeia de suprimentos.



Fonte: autora.

Para geração dos dados para uso na ferramenta SCVis, foi criado o diagrama de classes apresentado na Figura 20. Esse diagrama representa as entidades necessárias para obtenção das informações utilizadas nas visualizações para atender aos requisitos mencionados anteriormente.

Figura 20 – Diagrama de Classes.



Fonte: autora.

Baseado no modelo de cadeia de suprimentos e na dinâmica que será proposta pela ferramenta desenvolvida, os elementos da cadeia de suprimentos são representados por meio das entidades da Figura 20, as quais possuem relacionamento com um centro de distribuição que faz parte de uma regional de vendas. Assim, para as informações que são analisadas por um gerente da cadeia de suprimentos, como, vendas, estoque, produção e previsão de demanda é possível ter a visibilidade de qual local estão ocorrendo problemas e fazer acompanhamento.

Exemplificando com alguns exemplos de entidades:

- **Produto**: contém nome, código e flag de status ativo. Além disso, possui relacionamento com a entidade **Atributo** que contém as informações de família e negócio.

- Centro de Distribuição: esta entidade está conectada de alguma maneira com todas as demais entidades, pois é base onde os produtos são algumas vezes produzidos, armazenados e de onde saem para serem entregues ao cliente. Um centro pertence a uma regional de vendas, esse tipo de divisão é bem comum entre as empresas para facilitar a organização e atendimento.
- Vendas, Pedidos, Estoque, Produção, Demanda, Previsão de Demanda: são informações importantes dentro de uma organização que auxiliam no gerenciamento da cadeia de suprimentos e estão sempre atreladas a produto, centro e regional.

4.2.2 Técnicas e Linguagens

Para o desenvolvimento da ferramenta SCVis foi utilizada a linguagem de programação Java, por ser uma linguagem muito utilizada para o desenvolvimento de aplicações para web. A plataforma web foi escolhida por proporcionar maior facilidade de acesso ao gestor de uma cadeia de suprimentos, pois pode acessá-la de qualquer lugar e por meio de qualquer dispositivo (e.g., computador, smartphone, ou tablet). Além disso, também foram utilizadas as linguagens: *JavaScript*, *HyperText Markup Language* (HTML), *Cascading Style Sheets* (CSS) e *Structured Query Language* (SQL).

Para o desenvolvimento das visualizações foi utilizado o D3.js, que é uma biblioteca *JavaScript* para manipular documentos com base em dados. Esta biblioteca permite associar dados arbitrários a um DOM (*Document Object Model*) e, em seguida, aplicar transformações orientadas à dados ao documento. Por exemplo, é possível usar o D3 para criar um gráfico de barras SVG interativo com transições suaves e interação (D3, 2019). Para a geração dos dados que são exibidos nas visualizações foi utilizado o formato de arquivo .json, o qual foi gerado por meio de consultas sql utilizando o Hibernate.

4.2.3 Técnicas de Visualização Empregadas

A técnica de visualização *treemap* é boa em fornecer visões gerais de árvores que possuem pesos ou tamanhos nos nós da folha. Mas os detalhes são difíceis de ver quando as árvores se tornam grandes e profundas, pois os menores detalhes podem não ser visíveis. Para resolver este problema, tem-se o conceito de *zoomable treemap* (ZTM) (BLANCH, 2006), que apresenta os dados sob demanda, de acordo com a interação do usuário.

Por causa da natureza recursiva, as *treemaps* podem ser vistas como representações em escala múltipla que definem inerentemente vários níveis de detalhes. ZTMs aprimoram os mapas de árvores clássicos usando o paradigma da interface de usuário com zoom (ZUI do inglês *Zoomable User Interface*), para navegar de forma eficiente em um espaço de dados hierárquico. As ZUIs tradicionais permitem que os usuários interajam direta e continuamente com o espaço de informações por meio de movimentação e zoom (BLANCH, 2006).

No caso desse projeto, como a *treemap* com zoom foi utilizado para representar de forma hierárquica os diversos níveis da cadeia de suprimentos, para facilitar a análise dos potenciais usuários da ferramenta desenvolvida. Esse tipo de uso de *treemap* permite que o usuário navegue entre os níveis da cadeia de suprimentos e consiga verificar detalhes que poderiam passar despercebidos. Como será visto nas próximas seções, além de navegar entre os níveis o usuário consegue ter um resumo geral dos valores de cada nível.

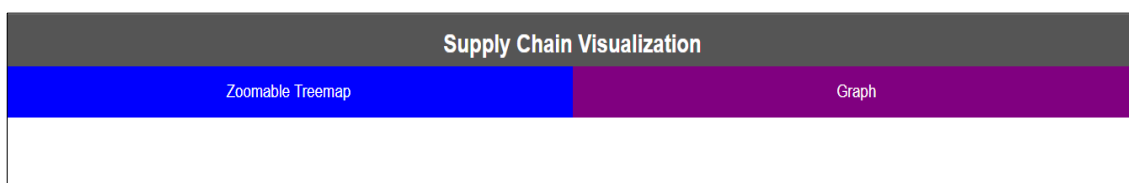
A outra visualização utilizada pela ferramenta SCVis é a representação visual baseada em grafos para auxiliar na verificação rápida da disponibilidade de produtos nos centros de distribuição. Além de verificar os locais que possuem o produto em estoque, o usuário consegue saber qual a quantidade disponível.

4.3 Funcionalidades da SCVis

Para atender aos requisitos foram criadas duas representações visuais utilizando as técnicas *Treemap* e Baseada em Grafo. Nesta seção estão descritas as funcionalidades da SCVis.

Para acesso às visualizações da aplicação, foi implementada uma página inicial que contém duas abas com os links para as duas opções de técnicas desenvolvidas, como apresentado na Figura 21.

Figura 21 – Tela inicial do SCVis.



Fonte: autora.

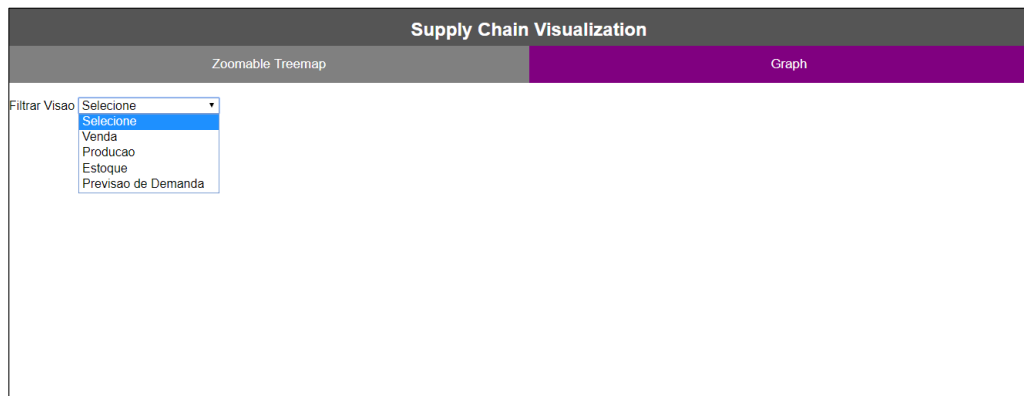
As visualizações foram desenvolvidas para atender aos requisitos conforme correspondência a seguir:

- *Treemap*
 - Requisito 1: Permitir a visão completa da cadeia de suprimentos para identificar possíveis rupturas no atendimento ao cliente (visão de vendas, estoque e produção);
 - Requisito 3: Realizar planejamento baseado na informação de previsão de demanda, identificando se a produção + estoque irá atender a demanda dos clientes.
- Visualização Baseada em Grafo
 - Requisito 2: Identificar disponibilidade de produtos.

4.3.1 Visualização Baseada em *Treemap*

Por meio da técnica de visualização *Treemap*, a SCVis mostra os filtros das visões disponíveis, sendo de Estoque, Produção, Venda ou Previsão de Demanda, conforme ilustra a Figura 22.

Figura 22 – Visões disponíveis no *Treemap*.



Fonte: autora.

Para atender aos Requisitos 1 e 3 foi adotada a técnica de visualização *Treemap*. Com esta técnica, o usuário tem a capacidade de rapidamente visualizar as quantidades de cada visão, podendo realizar comparação entre as regionais e explorar os diferentes níveis na hierarquia para auxiliar na tomada de decisões. Nessa visualização, os retângulos são dimensionados e posicionados de acordo com as quantidades, alguns exemplos são:

- quanto maior a quantidade, maior o retângulo do *treemap*;
- quanto maior a quantidade, o retângulo fica mais ao topo e mais à esquerda;
- quantidades menores ficam para abaixo e mais à direita.

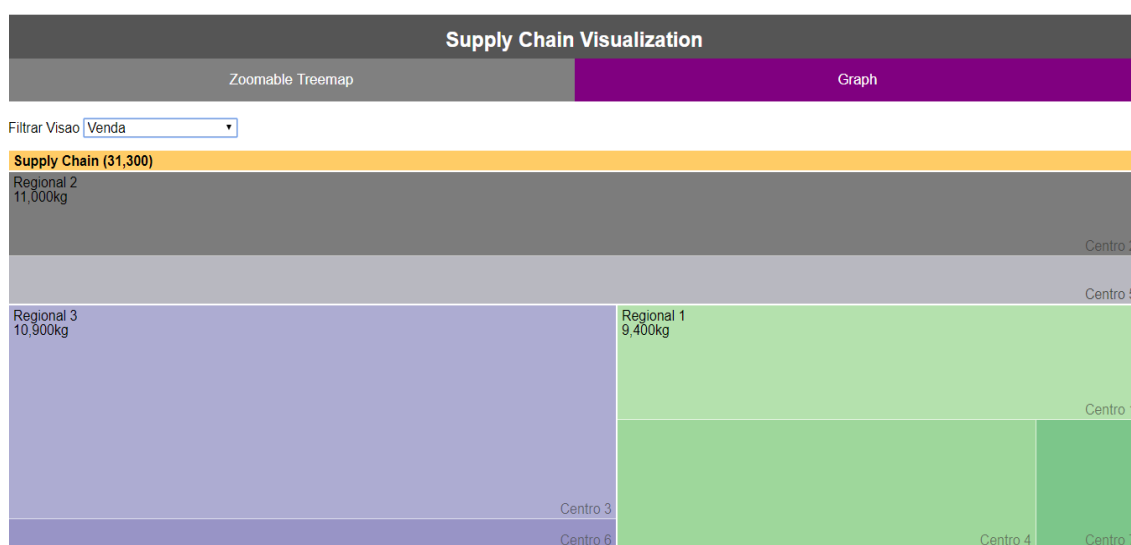
As cores do *treemap* são escolhidas de maneira aleatória com as possibilidades dentro do domínio de uma escala de cores do D3 (`d3.scale.category20c`) e os tons mais fortes e mais fracos são para diferenciar os retângulos de acordo com a quantidade. Por exemplo, considerando um retângulo do nível mais alto da hierarquia (regional) com a escala de cor verde, os retângulos mais internos que representam os centros de

distribuição, terão tons diferentes, sendo que, quanto mais próxima a quantidade de um em relação ao outro, mais próximo será o tom de verde.

A *Treemap* permite que o usuário tenha uma visão geral do nível mais alto da hierarquia que é o de regionais e consiga identificar rapidamente onde podem ocorrer rupturas na cadeia de suprimentos. A partir disso, é possível descer nos níveis da hierarquia, passando respectivamente, pelos centros de distribuição (CDs), negócio, família e por fim, produto. E ainda, a cada nível é exibida quantidade geral de acordo com a visão (venda, produção, estoque, previsão de demanda) até alcançar o nível mais baixo e exibir a quantidade de determinado produto. Assim, com essas visões disponíveis o usuário consegue verificar se o estoque mais o que está sendo produzido atenderá a demanda prevista, analisar as quantidades e verificar como andam as vendas nas regionais.

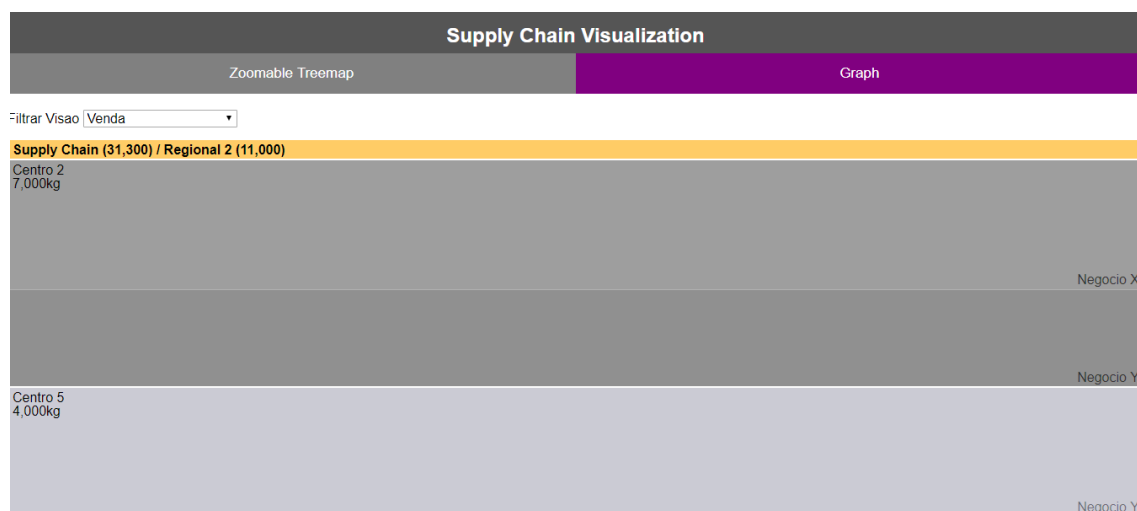
A Figura 23 apresenta o primeiro nível da hierarquia da cadeia de suprimentos, apresentando, no caso, três Regionais. A Figura 24 apresenta o próximo nível da hierarquia após o usuário selecionar a Regional 2, apresentando os dois centros de distribuição relacionados com essa regional. Note que sempre são apresentadas as quantidades de cada nível da hierarquia, de acordo com a seleção do usuário. Nesse exemplo, especificamente, estão sendo mostradas as quantidades de venda. Ainda, a cada interação do usuário para adentrar nos níveis da hierarquia, é apresentado o caminho percorrido para situar o usuário, conforme o texto apresentado na barra laranja das Figuras 23 e 24.

Figura 23 – Visão geral *Treemap*.



Fonte: autora.

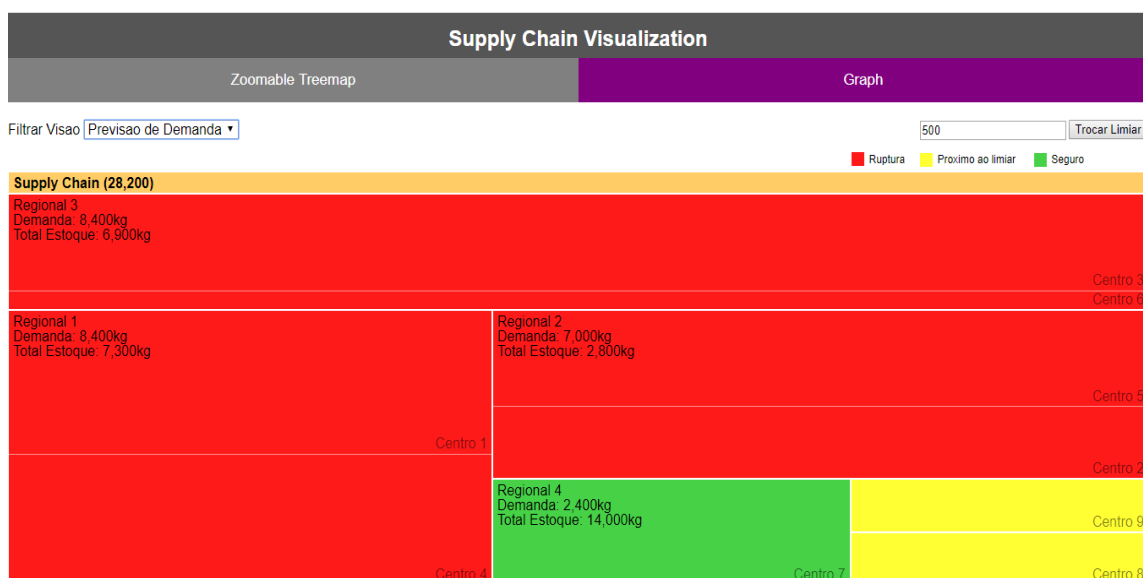
Figura 24 – Visão um nível mais abaixo da *Treemap* após seleção de regional.



Fonte: autora.

A Figura 25 apresenta a visão de previsão de vendas, a qual possui a ideia de semáforo. Ou seja, como pode ser visto as cores referenciam um semáforo, no qual o vermelho representa que houve ruptura, pois, o estoque mais produção não atenderá a demanda. O amarelo representa os locais que já merecem atenção, pois o estoque mais a produção menos a demanda está dentro de um limiar de segurança pré-estabelecido pelo usuário. Por fim, o verde representa os locais acima do limiar de segurança e que não correm nenhum risco de ruptura para atender aos clientes. Ainda, nessa visão, é possível alterar o limiar *default* para simular e verificar como ficariam as marcações do semáforo.

Figura 25 – Visão de semáforo na previsão de demanda.



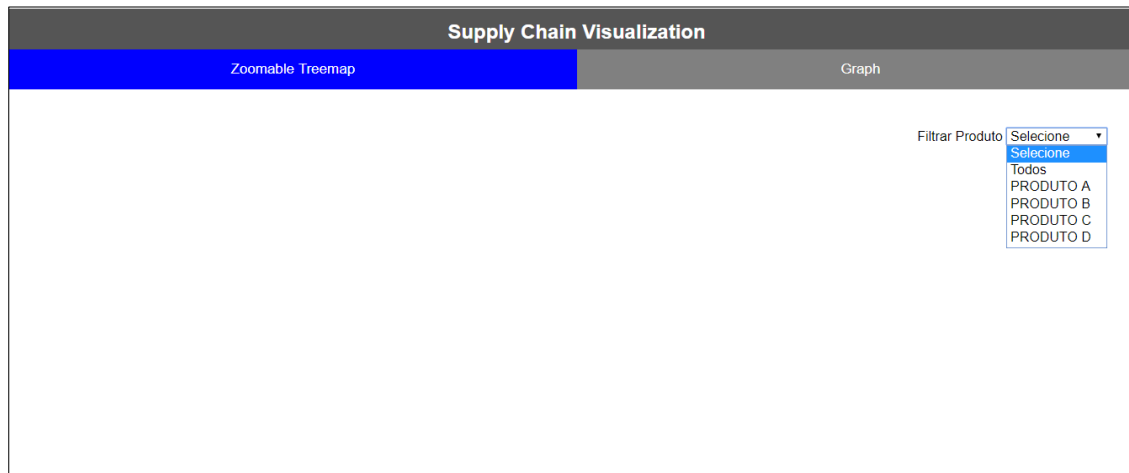
Fonte: autora.

4.3.2 Visualização Baseada em Grafo

Para atender ao Requisito 2 foi adotada a técnica de visualização baseada em grafo. Com esta técnica, o usuário tem a capacidade de visualizar por meio de um click quais centros de distribuição tem disponibilidade de determinado produto e quais as quantidades em estoque. Deste modo, um gerente da cadeia de suprimentos consegue rapidamente direcionar uma venda para um centro de distribuição que contém quantidades de produtos suficientes para atender a demanda do cliente. Em uma cadeia de suprimentos pode ocorrer que nem todos os centros possuem todos os produtos, assim, essa visualização permite que o gerente já verifique os produtos nos centros que estão contidos. Por exemplo, se filtrar o Produto A, já serão exibidos apenas os centros que o contém.

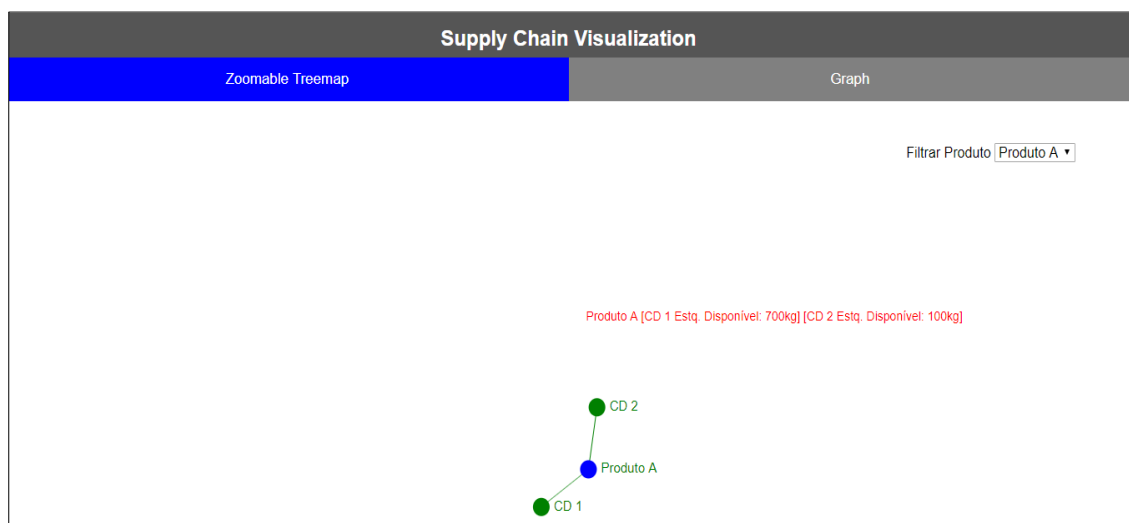
A Figura 26 apresenta as opções de filtragem da opção de visão *Graph* na ferramenta e a Figura 27 ilustra um exemplo da interação com o usuário filtrando o Produto A.

Figura 26 – Filtros da Visualização Baseada em Grafo.



Fonte: autora.

Figura 27 – Visão geral da Visualização Baseada em Grafo.



Fonte: autora.

5 APLICAÇÕES DA SCVis

Nesse capítulo serão apresentados exemplos de aplicação de uso da ferramenta SCVis (*Supply Chain Visualization*) e como ela apoia na exploração da cadeia de suprimentos, satisfazendo os requisitos mencionados na Seção 4. Adicionalmente, também são apresentados em detalhes as funcionalidades disponíveis na SCVis.

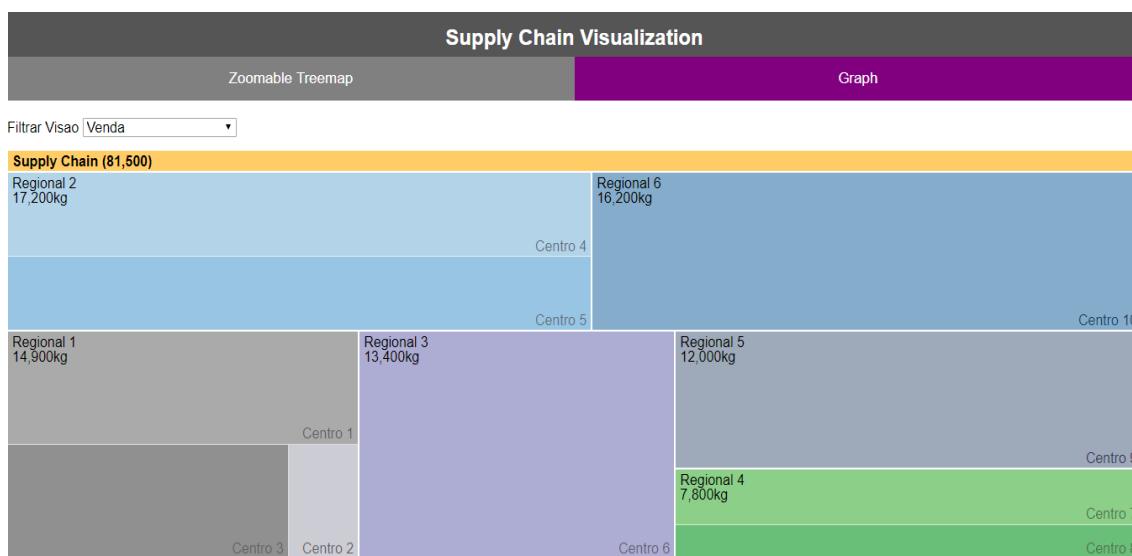
5.1 Exploração da Cadeia de Suprimentos por meio da Visualização *Treemap*

O Requisito 1 estabelece que é importante ter uma visão completa da cadeia de suprimentos para identificar possíveis rupturas no atendimento ao cliente. A SCVis possibilita que o gerente da cadeia de suprimentos tenha diferentes visões de Vendas e obtenha uma noção geral de onde estão concentradas as maiores vendas de seus produtos, assim como identificar pontos em que a venda está baixa e até mesmo avaliar como atingir clientes de determinada regional de vendas. Vários fatores podem influenciar na quantidade das vendas, por exemplo, sazonalidade, ou seja, em determinadas épocas do ano os preços de alguns produtos podem variar muito dependendo de datas comemorativas, clima, etc, de acordo com o tipo de negócio ao qual a cadeia de suprimentos representa (alimentício, animal, automotivo, departamentos, etc).

A visualização com a *treemap* permite que o usuário veja de forma geral a situação das vendas em suas regionais e caso haja necessidade de uma análise mais significativa, desça nos demais níveis até identificar qual ou quais produtos precisam de mais atenção.

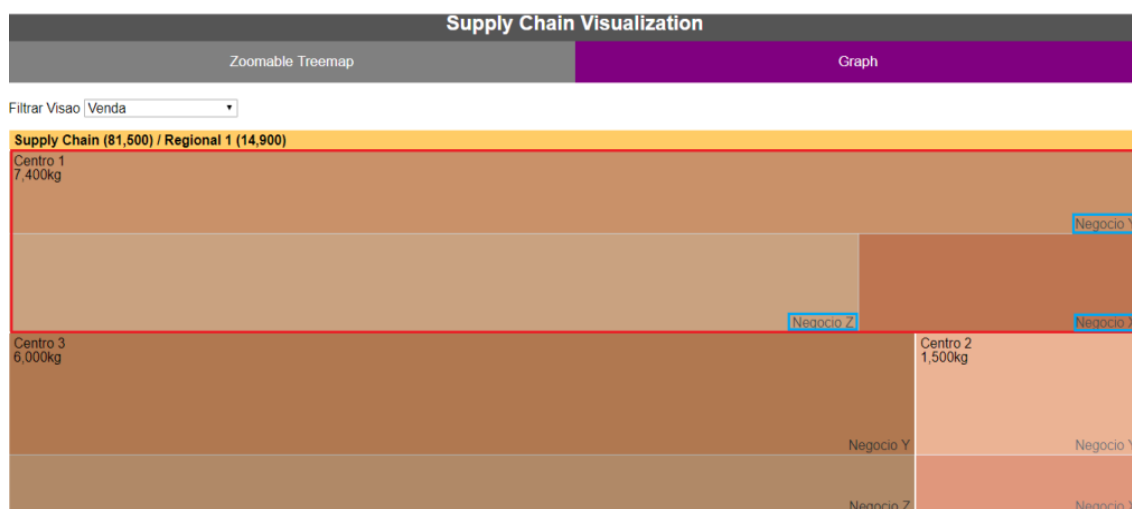
A Figura 28 mostra o primeiro nível da hierarquia da cadeia de suprimentos, com seis Regionais. A Figura 29 apresenta o próximo nível da hierarquia após o usuário selecionar a Regional 1. Neste nível é possível ver os centros de distribuição (exemplo marcado com retângulo vermelho) e já ter uma prévia das divisões de negócio (exemplo marcado com retângulo azul). Nota-se que a cada seleção as quantidades acumuladas dos níveis são exibidas na parte superior da *treemap* (barra laranja) assim como o caminho percorrido após adentrar em cada nível.

Figura 28 – Nível mais alto para a visão Vendas.



Fonte: autora.

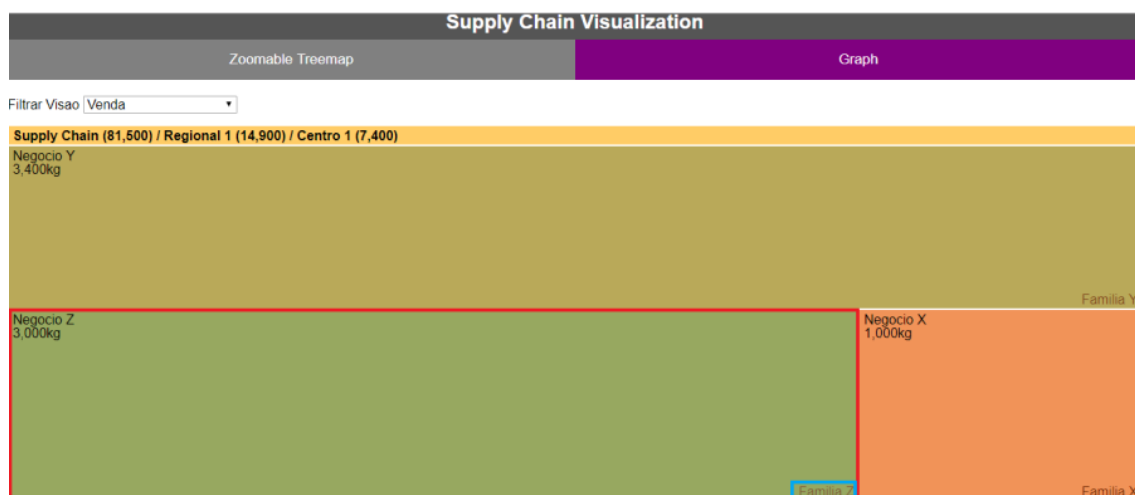
Figura 29 – Próximo nível após seleção da Regional 1.



Fonte: autora.

A Figura 30 mostra o próximo nível da hierarquia após seleção do Centro 1, no qual é possível ver os tipos de negócio (marcação com retângulo vermelho) e já ter uma prévia das famílias (marcação com retângulo azul).

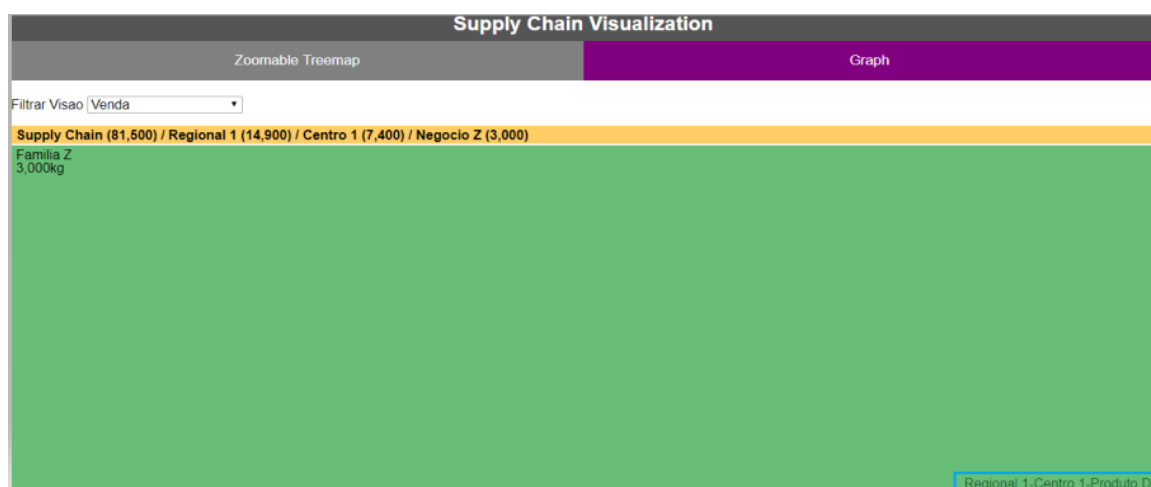
Figura 30 – Próximo nível após seleção do Centro de Distribuição 1.



Fonte: autora.

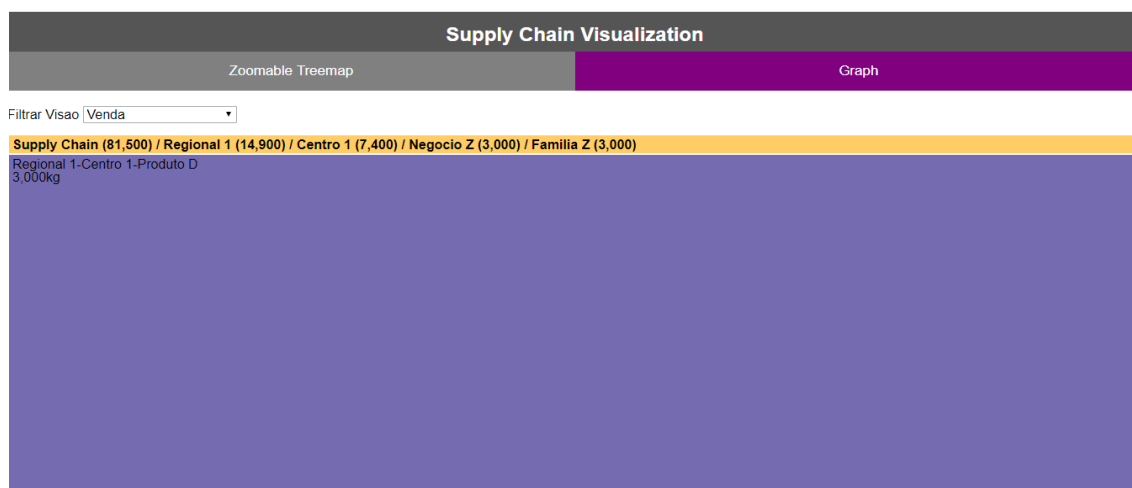
A Figura 31 apresenta o próximo nível da hierarquia após seleção do Negócio Z, no qual é possível ver os tipos de família, e ainda ter uma prévia dos produtos (marcação com retângulo azul). A Figura 32 apresenta o resultado após a seleção da Família Z, ao qual, chegou-se ao nível de produto, sendo este o nível mais baixo da *treemap*. Em resumo nesse nível é possível verificar a quantidade de vendas do produto (neste caso Produto D) que pertence a uma família, que pertence a um negócio, vendido a partir de um centro de distribuição que pertence a uma determinada regional.

Figura 31 – Próximo nível após seleção do tipo de Negócio Z.



Fonte: autora.

Figura 32 – Último nível após seleção da Família Z.

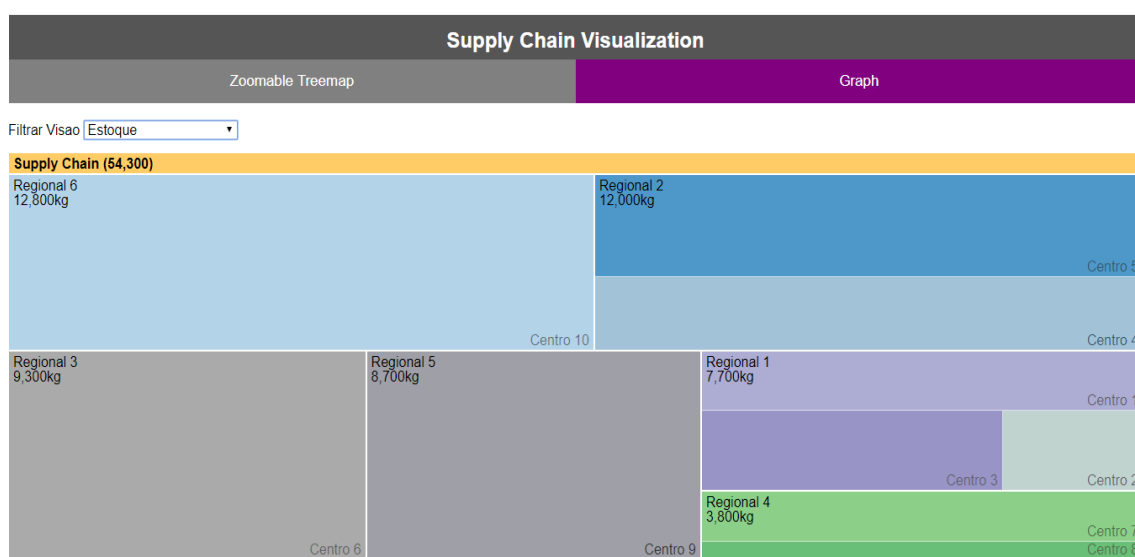


Fonte: autora.

Ainda, com relação ao Requisito 1, é possível ter a mesma dinâmica exemplificada na visão de vendas, para as visões de estoque e produção.

Selecionando o filtro de Estoque, o gerente da cadeia de suprimentos, assim como para as demais visões, pode ter uma noção do nível mais alto e depois avançar no detalhe até o nível de produtos. A partir dessa visão, o gerente pode identificar quais locais estão com alta ou baixa no estoque, assim, auxiliar a sua equipe no direcionamento das vendas e demandas para os locais que tem mais estoque, ou transferir estoque de um centro de distribuição para outro, de modo a evitar a falta de estoque e ruptura no atendimento ao cliente. Na Figura 33 é apresentado um exemplo de visualização da visão de Estoque.

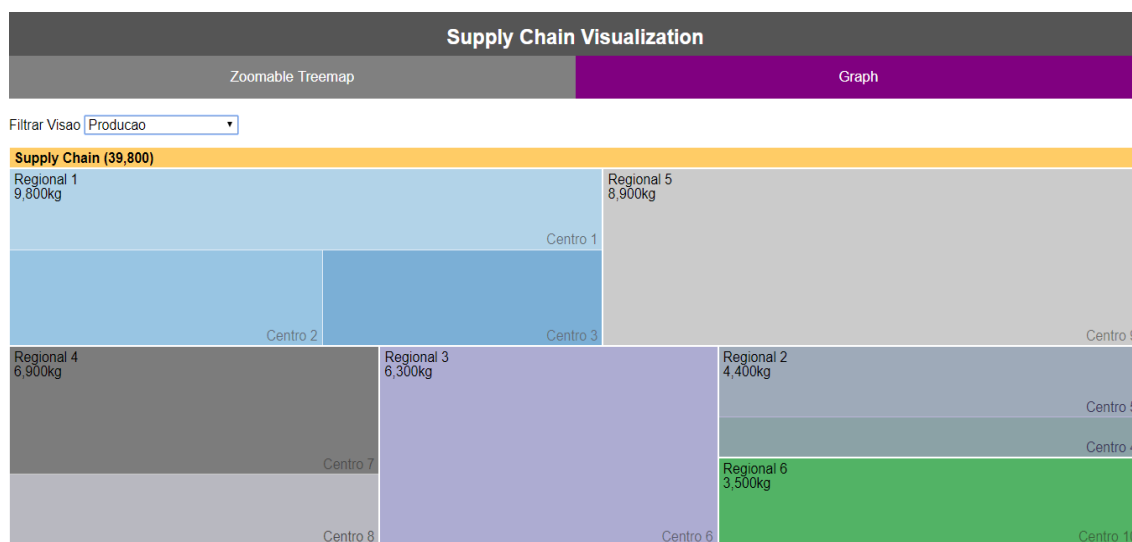
Figura 33 – Nível mais alto da visão de Estoque.



Fonte: autora.

Com o filtro da visão de Produção, o gerente da cadeia de suprimentos, assim como nas demais visões, pode verificar desde o nível mais alto até o mais baixo que é o de produtos, as quantidades que estão sendo produzidas de determinados produtos. Deste modo, o gerente consegue verificar onde está produzindo mais e analisar junto ao estoque, se o que está sendo produzido irá cobrir a falta de estoque ou aumentar o estoque em uma quantidade que baseado no que se tem de conhecimento de vendas irá sobrar. Para alguns tipos de negócio, estoque alto pode ser bom, mas para outros não, como por exemplo, para carnes, esse tipo de produto não pode ficar muito tempo em estoque, pois o tempo para consumo é bem menor do que o uso de um produto automotivo. Todos esses fatores podem ser levados em consideração na análise feita pelos gerentes. Na Figura 34 é apresentado um exemplo de visualização da visão de Produção.

Figura 34 – Nível mais alto da visão de Produção.



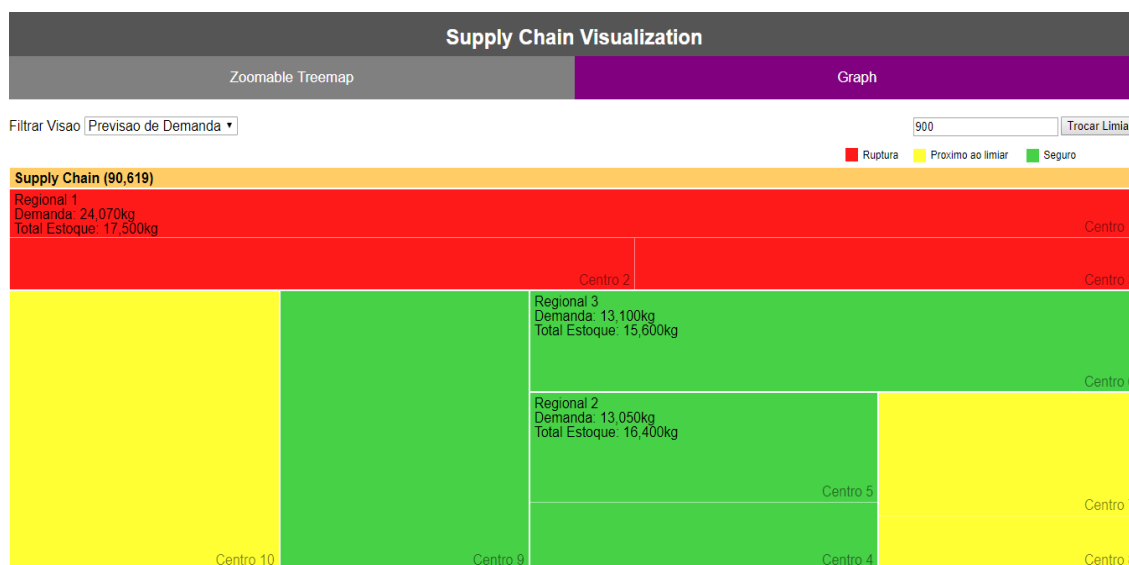
Fonte: autora.

O Requisito 3 define que um gerente poderia verificar se o que está sendo produzido e o que se tem em estoque irá atender à demanda do cliente, prevendo assim onde podem ocorrer possíveis rupturas. Assim, com base na previsão de demanda, o gerente tem em mãos para as próximas semanas quais as demandas que precisam ser atendidas, com isso, ele precisa saber se o que já tem no estoque mais a produção da semana irá atender essas demandas. Caso contrário, alguma medida deve ser tomada, como, por exemplo, transferir estoque de um centro a outro, priorizar os clientes que serão

atendidos, tentar fazer algum tipo de negociação diretamente com o cliente, etc, isso irá depender do tipo de negócio e das políticas aplicadas a cada empresa.

Nessa visão de Previsão de Demanda, a SCVis implementa um semáforo para auxiliar o usuário a identificar rapidamente por meio das cores a situação atual de cada regional e podendo assim como nas outras visões avançar para os níveis mais abaixo. Os itens em vermelho representam os casos mais críticos, em que já se consegue concluir que a demanda não será atendida e uma decisão precisa ser tomada com urgência. O amarelo sinaliza que está dentro do limiar de segurança, mas já merece atenção, ou seja, o estoque mais a produção menos a demanda está dentro de um limiar pré-estabelecido pelo usuário, irá atender a demanda, mas se houver algum imprevisto (exemplo, problema na produção, falta de material, etc) pode ter riscos de ruptura. O verde sinaliza que as quantidades estão acima do limiar, proporcionando assim, segurança de que a demanda será atendida mesmo que algum imprevisto ocorra. Na Figura 35 é apresentado um exemplo da visão de Previsão de Demanda com o semáforo.

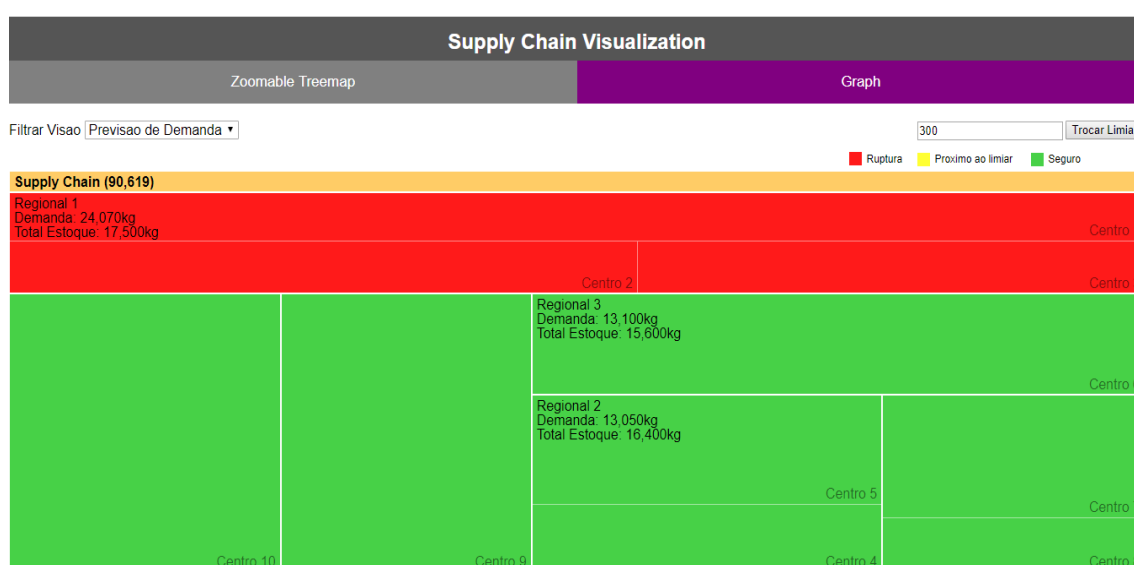
Figura 35 – Nível mais alto da visão de Previsão de Demanda.



Fonte: autora.

A dinâmica de iteração para essa visão funciona da mesma forma que das outras visões citadas anteriormente, ou seja, partindo do nível mais alto é possível descer nos demais níveis da hierarquia até chegar no nível de produtos. Além disso, nessa visão o limiar de segurança pode ser alterado e simulado pelo usuário. Por exemplo, se alterar o limiar de 900 kg para 300 kg, o resultado seria o que é apresentado na Figura 36, que como pode ser visto, após diminuição do limiar, os retângulos que estavam com a cor amarela passaram a estar na zona de segurança.

Figura 36 – Alteração do Limiar.



Fonte: autora.

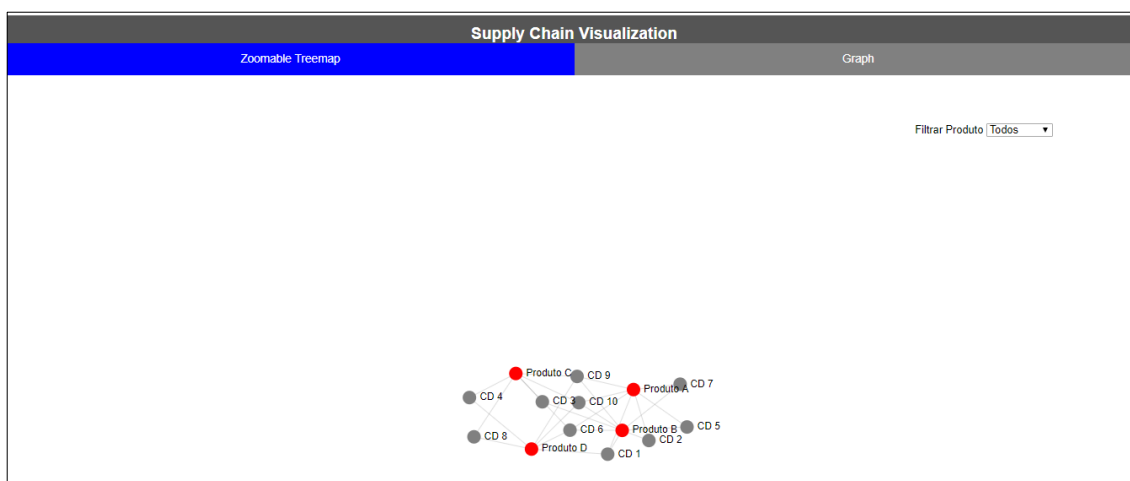
5.2 Exploração da Cadeia de Suprimentos por meio da Visualização Baseada em Grafo

O Requisito 2 estabelece sobre a necessidade em se identificar disponibilidade de produtos, para tanto, a SCVis fornece uma visualização baseada em grafos para permitir uma outra maneira de visualizar a quantidade em estoque partindo direto do produto e verificar de forma rápida os locais em que ele é produzido e tem disponibilidade, desta forma, o gerente da cadeia de suprimentos pode direcionar as vendas para os locais certos.

Por meio de um click no vértice que representa um produto é possível destacar os centros que possuem disponibilidade em estoque e quais as quantidades. Além disso, quando o usuário seleciona um centro é possível verificar quais produtos esse centro possui.

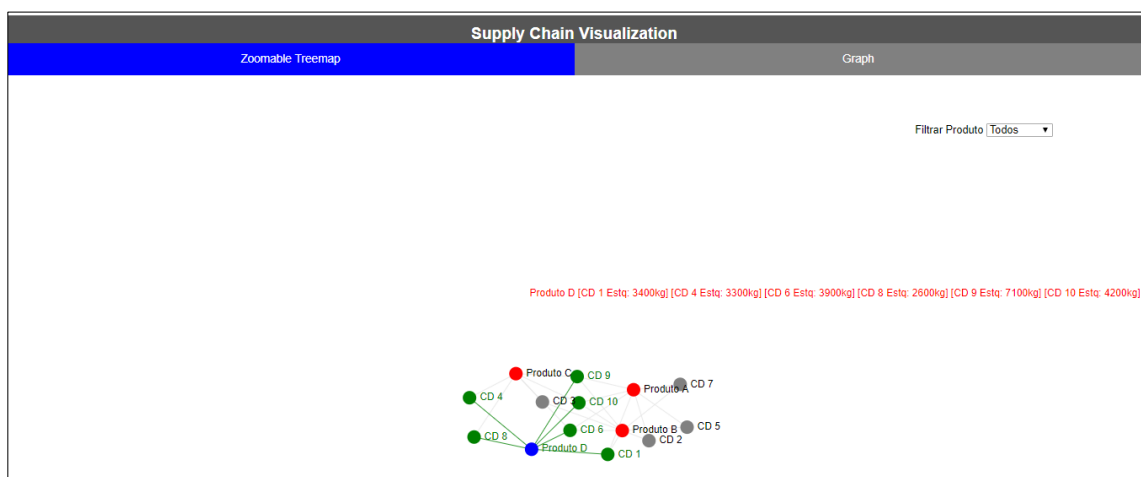
A Figura 37 apresenta a visão com todos os produtos e as ligações com os centros que possuem disponibilidade. Com um click no vértice de algum produto, é destacado quais os centros de distribuição (marcado em verde) possuem o produto e uma mensagem é exibida em vermelho com as quantidades, a Figura 38 apresenta o detalhamento a partir da seleção do Produto D. Uma outra alternativa de exploração é a seleção de um centro de distribuição, como apresentado na Figura 39, nesse caso, são destacados quais produtos estão relacionados com esse centro. Por fim, a Figura 40 apresenta a visão após a filtragem de um produto específico, no caso do exemplo, foi selecionado o Produto A, que já se consegue ver quais os centros estão ligados a ele.

Figura 37 - Visão inicial da visualização baseada em grafos.



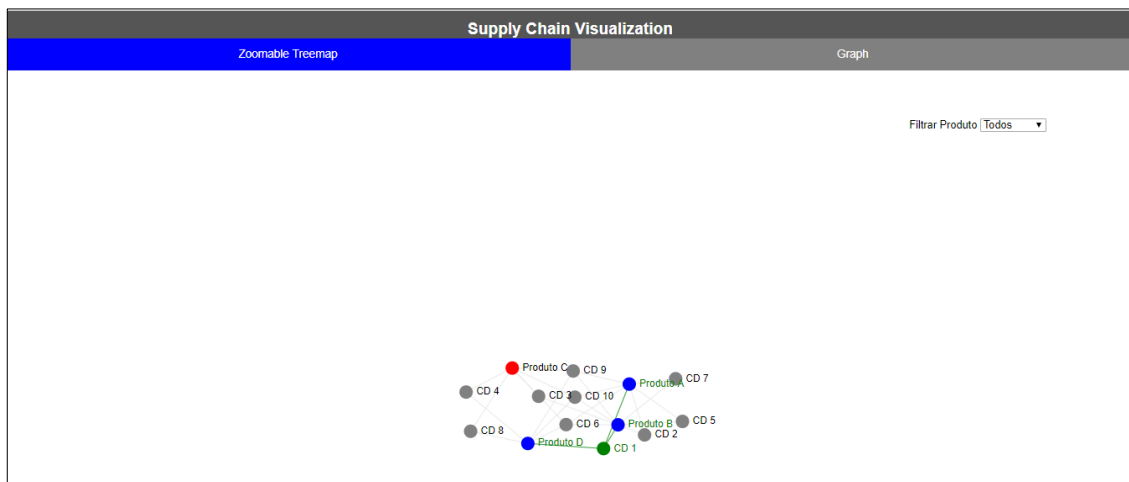
Fonte: autora.

Figura 38 – Seleção de um produto.



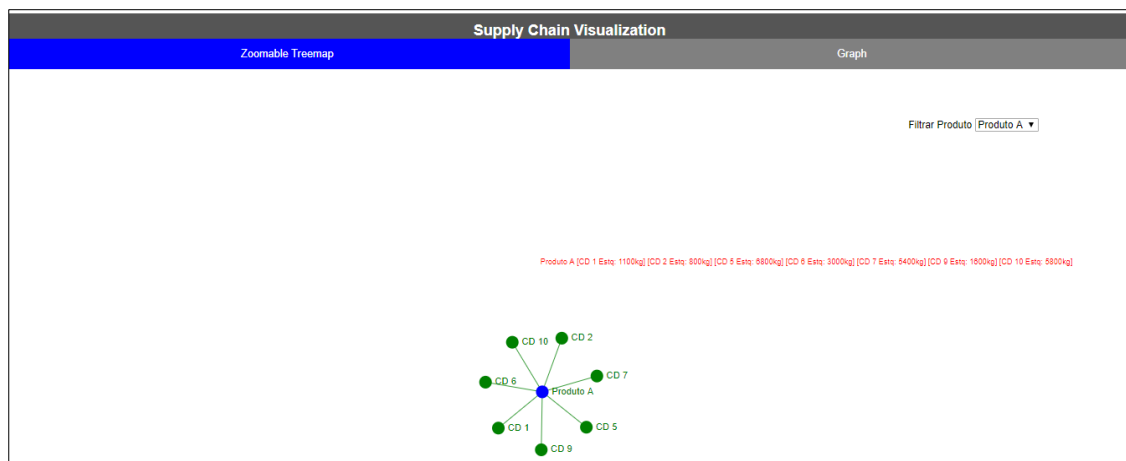
Fonte: autora.

Figura 39 – Seleção de um centro de distribuição.



Fonte: autora.

Figura 40 – Filtragem de um produto específico.



Fonte: autora.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O bom gerenciamento da cadeia de suprimentos pode proporcionar às organizações melhorias em suas estratégias, além de facilitar e acelerar a tomada de decisão dos gestores. Quando existe a possibilidade de rupturas no atendimento ao cliente, quanto mais rápido os gestores de cadeia de suprimentos conseguirem identificar os pontos de possíveis rupturas, mais rápido uma ação pode ser tomada, sempre com o objetivo de minimizar o impacto no atendimento ao cliente.

Grandes volumes de dados são gerados pelas empresas todos os dias. Conseguir organizar esses dados de maneira que atenda a necessidade dos gestores em analisar de forma rápida e eficiente para tomar decisões que evitem rupturas no atendimento ao cliente, foram de grande motivação para o desenvolvimento da ferramenta SCVis. Além disso, a escassez de trabalhos que envolvessem o gerenciamento da cadeia de suprimentos e sua visualização, também serviram de motivação.

Os dados selecionados para serem explorados por meio da SCVis foram demanda, estoque, produção, pedidos, vendas para conseguir atender aos requisitos elencados no Capítulo 4. Essas informações exibidas com as técnicas de visualização disponíveis na SCVis, permitem que os gerentes façam as análises sobre as possíveis rupturas, como a possível falta de algum produto, saber com maior precisão de acordo com a disponibilidade do produto em um centro o tempo para entregar ao cliente a demanda solicitada e se realmente conseguirá atendê-la.

Para o desenvolvimento da ferramenta SCVis o uso da biblioteca D3.js foi essencial para criar as visualizações que permitiram que os requisitos propostos fossem atendidos. Além disso, com a criação do diagrama de classes foi possível identificar os relacionamentos entre as entidades e com isso, criar as ligações e informações que foram exibidas nas visualizações por meio de arquivos json.

As aplicações apresentadas no Capítulo 5 atenderam aos requisitos identificados, mostrando que a SCVis pode apoiar o gerenciamento da cadeia de suprimentos. Para os Requisitos 1 e 3 que envolvem uma visão hierárquica que parte do nível de regional e passa pelos níveis de centro, negócio, família, até o nível final de produtos, foi usada a *treemap*, que permite ao usuário ter uma visão completa dos valores da cadeia de

suprimentos de vendas, estoque, produção e previsão da demanda. E, ainda, com destaque para a previsão da demanda, esta possui a visão de semáforo para identificar rapidamente os locais de possíveis rupturas no atendimento a demanda do cliente. Para o Requisito 2, foi usada a visualização baseada em grafo, que permite ao usuário identificar os elos que relacionam produtos e centros de distribuição, e ainda, verificar as quantidades disponíveis.

A ferramenta SCVis permite que apenas seja selecionada uma visão por vez, sendo assim, não é possível comparar lado a lado as informações de vendas com produção, por exemplo. Além disso, outras funcionalidades são listadas no próximo capítulo que melhorariam a usabilidade da ferramenta. Para a análise dos dados exibidos nas visualizações, recomenda-se que o usuário tenha um nível razoável de conhecimento de negócio da empresa, para conseguir analisar as informações de forma produtiva.

Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível entender a necessidade do uso da visualização de informação na área de gerenciamento de cadeia de suprimentos e como as técnicas escolhidas possuem grande potencial para auxiliar os gestores.

6.1 Trabalhos Futuros

Como possíveis trabalhos futuros, objetiva-se aperfeiçoar a ferramenta já desenvolvida adicionando a possibilidade de comparar diferentes visões, como por exemplo, vendas com estoque, e incorporar outros tipos de visualizações que possam até mesmo melhorar a visão dos dados já considerados nesse trabalho, incluir outros tipos de dados e atendimento a outros requisitos.

Além disso, pretende-se desenvolver novos elementos que possam melhorar a usabilidade da ferramenta, como, filtros por data (de acordo com o tipo de análise de cada empresa, exemplo: semanal, mensal, etc), clientes, família, negócio. Esses itens podem ser flexíveis de acordo com o tipo de negócio da empresa.

Também, pretende-se executar um experimento controlado com usuários para verificar e validar o potencial da SCVis no gerenciamento da cadeia de suprimentos em casos reais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C. **Visualização da Informação: uma breve introdução**. Portal do Bibliotecário. 2017.
- BERNSTEIN, W. Z. et al. **Mutually coordinated visualization of product and supply chain metadata for sustainable design**. ASME. 2015.
- BLANCH, R; LECOLINET, E. **Navigation Techniques for Zoomable Treemaps**. In: *Conference Companion of UIST 2006*, p. 49—50, Montreux - Switzerland, October 2006.
- BORGES, S.M.S. **Supply Chain Management - Um estudo survey no pólo farmacêutico goiano**. 2009. 118f. Dissertação (Mestrado em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Farmacêutica), Universidade Católica de Goiás.
- BOSTOCK, M. **Force-Directed Graph**. 2017. Disponível em: <<https://observablehq.com/@d3/force-directed-graph>>. Acesso em: 04 jul. 2019.
- BRUM, P. **ERP Systems in Supply Chain Management**. Revista Organização Sistêmica, vol. 7 n4. 2015.
- BURGO, R.N.S. et al. **Supply Chain Management: Uma introdução à um modelo de gestão da cadeia de suprimentos para obtenção de diferencial competitivo**. Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais – FAEG. Revista Científica Eletrônica de Administração. 2005.
- CARNEIRO, T.C.J.; ARAÚJO, C.A.S.; **Desafios na implantação do supply chain management**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. 2003.
- D3 – Data Driven Documents. Disponível em: < <https://d3js.org/>>. Acesso em: 29 jun. 2019.
- FIWARE. FIWARE Catalogue. 2015. Disponível em: <<http://catalogue.fi-ware.org/>>. Acesso em: 01 jul. 2018.
- GOMES, C.F.; RIBEIRO, P.C. **Gestão da cadeia de suprimentos integrado à tecnologia da informação**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 2004.
- IGNÁCIO, B.A.F. **Desenvolvimento de um modelo de programação linear para apoio à tomada de decisão em uma cadeia de suprimentos**. 2009. 195f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Centro Universitário da FEI.
- JOHNSON, B.; SHNEIDERMAN, B. **Tree-maps: A space-filling approach to the visualization of hierarchical information structures**. In: *Proceedings of the 2Nd Conference on Visualization '91*. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society Press, 1991. (VIS '91), p. 284–291.
- JULIANELLI, L. **Gestão Integrada da Cadeia de Suprimentos: Análise dos Aspectos Culturais, Tecnológicos e Operacionais no Brasil**. ILOS. 2014.

KAMRAN, A. et al. **Visualizations and analytics for supply chains**. IBM. 2013.

LUMMUS, R.R.; VOKURKA, R.J. **Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines**. Industrial Management & Data Systems. 1999.

MENTZER, J.T. et al. **Defining supply chain management**. Journal of Business Logistics. 2001.

OLIVEIRA, S. A. **Gestão da cadeia de suprimentos para a obtenção de vantagem competitiva**. Administradores – Portal da Administração. 2010.

SOURCEMAP: White Papers. **End-to-End Supply Chain Visualization**. Manhattan, NY. 2016. Disponível em: <<http://www.sourcemap.com/white-papers/>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

SOUZA, G.C. **Supply Chain Analytics**. Kelley School of Business, Indiana University. Published by Elsevier, p. 595-605. 2014.

TADEU, H.F.B. **Gestão de Estoques – Fundamentos, Modelos Matemáticos e Melhores Práticas Aplicadas**. São Paulo: Cengage Learning. 2011.

VAZ, F. R., CARVALHO, C. L. Visualização de Informações. 2004. 21f. Relatório Técnico, Instituto de Informática Universidade Federal de Goiás.

VERDOUW, C. N. et al. **Virtualization of food supply chain with the Internet of Things**. Journal of Food Engineering. 2016.

WARD, M. et al. **Interactive Data Visualization: Foundations, Techniques and Applications**. CRC Press. 2015.