

Márcia Bergmann, Cláudio Magalhães \*

# Materiais híbridos: natureza têxtil em transformação



**Márcia Bergmann**

Mestre; Puc-Rio

<marciabergmann@gmail.com>

**Cláudio Magalhães**

Doutor; Puc-Rio

<claudio-design@puc-rio.br>

**Resumo** Sistemas produtivos passam por transformações devido à intensificação no uso de novas tecnologias, estimulando reflexões sobre impactos potenciais em indústrias maduras, como a têxtil. Essa é tradicionalmente identificada como de baixa intensidade tecnológica, especialmente o subsetor especializado em carpetes. Assim, o objetivo do estudo foi identificar a situação tecnológica desta indústria e apresentar perspectivas. Foi realizada pesquisa bibliográfica e documental, apresentando resultados que apontam para: percepção de tendência da transformação da natureza têxtil através de materiais híbridos, que incorporam eletrônicos e nanotecnologia; reconhecimento de oportunidades em um novo ambiente competitivo a partir de parcerias intersetoriais; identificação das contribuições do Design Estratégico para indústrias maduras.

**Palavras chave** design estratégico; materiais híbridos; pesquisa de tendências.

## Hybrid materials: textile nature in transformation

**Abstract** *Production systems undergo transformations due to intensification in the use of new technologies, stimulating reflections on potential impacts in mature industries, such as textiles. This is traditionally identified as of low technological intensity, especially the subsector specializing in carpets. Thus, the purpose of the study was to identify the technological situation of this industry and point out perspectives. A bibliographical and documentary research was carried out, presenting results that suggest: perception of the tendency of the transformation of the textile nature through hybrid materials, which incorporate electronics and nanotechnology; Recognition of opportunities in a new competitive environment from intersectoral partnerships; Identification of the contributions of the Strategic Design for mature industries.*

**Keywords** *strategic design; hybrid materials; trends research.*

## Introdução

Os sistemas produtivos industriais passam por significativas transformações no século XXI, devido à intensificação no uso de novas tecnologias capazes de criar materiais inovadores, o que amplia a complexidade do projetar. Deste modo, considerando a necessidade de se refletir sobre impactos potenciais deste cenário em indústrias menos afeitas à modernização tecnológica, pergunta-se como o Design Estratégico poderia propor a realização de pesquisas que busquem compreender melhor este ambiente. Estudos com perfis diferentes - como aqueles sustentados por análise contextual e por diagnóstico da indústria, bem como outros, apoiados em processos abertos e identificação de tendências - se complementam e são fundamentais para gerar conhecimento, propiciar reflexão sobre o problema de design e favorecer o desenvolvimento de respostas inovadoras (Scaletsky et al, 2016).

Neste contexto, o objetivo do estudo é compreender a situação da indústria têxtil especializada em carpetes, priorizando a tecnologia como variável interveniente e considerando tanto a condição atual, quanto as perspectivas futuras, em um cenário dinâmico e em transformação. Para tal, foi realizada pesquisa bibliográfica e documental nos campos do design e das engenharias. A abordagem do tema requer o entendimento prévio de que (1) materiais têxteis são produtos compostos essencialmente por fios e fibras que - combinados - constituem tecidos, não tecidos e afins (Nielson, 2007); e de que (2) carpete é um revestimento têxtil geralmente fixado de forma permanente ao piso do espaço arquitetônico interno (Godsey, 2013). A opção pelo carpete é justificada pela excessiva especialização deste subsetor da indústria têxtil em relação a outros, como o de tecidos e não-tecidos, bem como, pela situação crítica em que se encontra. A indústria brasileira de carpetes está no estágio de maturidade, mas apresenta indicadores de desempenho econômico em declínio, suas tecnologias são centenárias e as inovações são incrementais (Mariotti, 2013; Abritac, 2015).

O estudo foi estruturado em três seções. A primeira contextualiza brevemente a indústria têxtil e a de carpetes em um novo cenário tecnológico. A segunda realiza uma revisão das tecnologias dominantes no setor de carpetes, abordando os principais processos e matérias-primas. Por fim, a terceira seção apresenta duas estratégias emergentes para inovar, não se restringindo ao produto “carpete”. Ao contrário, a partir de uma ênfase generalista e centrada na configuração têxtil, inclui soluções para têxteis de vestuário, veículos, arquitetura e design de interiores capazes de revelar desenvolvimentos tecnológicos significativos. Os tópicos abordados criam um panorama dos materiais têxteis e apontam para um modo de contribuição do Design Estratégico para indústrias maduras.

## Novo cenário tecnológico industrial

A indústria passa por significativas transformações, algumas já em curso e outras ainda como perspectivas (Bruno, 2016). Mas, de modo geral, tais mudanças são influenciadas pelas tecnologias de informação e de comunicação tanto no processo de fabricação, por exemplo, na automação industrial; quanto no processo de design, tal como na prototipagem rápida; bem como no próprio produto, por meio da Internet das Coisas (CNI, 2016). Os benefícios para os meios produtivos residem fundamentalmente no aumento da eficiência operacional e na inovação em produtos, serviços, processos, materiais e modelos de negócios em diversos setores industriais, inclusive na indústria têxtil (Bruno, 2016).

Segundo estudo realizado pela Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), apoiada pelo Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (SENAI-CETIQT) e pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), há a possibilidade da indústria têxtil nacional até 2030 estar em conformidade com a evolução tecnológica observada em outros setores (Bruno, 2016). Para ilustrar esta situação promissora, pode-se apontar o ranking de setores que mais usam tecnologias digitais em processos de manufatura, elaborado pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI) em 2016.

A indústria eletrônica possui 61% de suas empresas utilizando tecnologias digitais<sup>1</sup> em seus sistemas produtivos. Já a têxtil<sup>2</sup> tem 47% de suas organizações adotando estas mesmas tecnologias produtivas (CNI, 2016). Neste setor, ainda há muito a evoluir. Porém, sendo tradicionalmente identificada como indústria de baixa intensidade tecnológica, há evidências de que nos próximos anos a indústria têxtil terá condições de se aproximar das categorias de maior emprego de ciência e tecnologia (Bruno, 2016).

A modernização tecnológica de outros setores e o interesse em construir uma indústria têxtil que busca uma nova posição na manufatura global fazem com que o setor seja obrigado a enfrentar barreiras culturais e econômicas. De certo modo, romper com valores tradicionais que impedem o abandono dos paradigmas da produção padronizada e, ao mesmo tempo, optar pela implantação de tecnologias - em etapas - para minimizar o impacto dos investimentos elevados (Bruno, 2016; CNI, 2016). No entanto, um entrave para a mudança radical de patamar científico e tecnológico do setor pode ser menos evidente. A adoção de novas tecnologias de produção é cada vez menos um processo singular. Pelo contrário, é percebido cada vez mais como dependente de ações coordenadas e sistêmicas da indústria como um todo, ultrapassando iniciativas empresariais isoladas (Bruno, 2016).

A indústria de carpetes, por exemplo, registrou iniciativas pontuais na década de 1990 e início dos anos 2000, nas quais algumas empresas buscaram começar um processo de modernização tecnológica, que não se multiplicou (Gomes, 2015; Hermann, 2015). A propósito, este é um subsetor de restrita organização entre as empresas e de expressão limitada na indústria têxtil em geral. Um caso exemplar desta condição marginal dos fabricantes de carpete no seu setor é o trabalho “Visão de Futuro do Setor Têxtil e de Confecção Brasileiro para 2030” (Abit, 2016) que buscou elaborar um planejamento estratégico e responder a perguntas como: que tipos de empresas, cadeias e modelos de negócios se quer priorizar e desenvolver; que modelos de negócios favorecem e desfavorecem o desenvolvimento do setor? Para garantir a representatividade setorial, o estudo contou com a colaboração de 146 representantes da indústria, da academia, das associações, dos sindicatos patronais e dos trabalhadores e do governo, apoiado por critérios qualitativos de avaliação que consideravam a importância de seus produtos e processos, experiência, liderança, atualização de seus líderes e potencial indutor de transformação de seus modelos de negócio (Bruno, 2016). Entre todos esses, havia apenas um representante da indústria de carpetes.

O carpete é um revestimento têxtil em declínio, apresentando redução em seu desempenho econômico (Mariotti, 2013; Abritac, 2015). Os avanços tecnológicos têm sido limitados e essa é considerada uma das principais razões pelas quais ele perdeu participação de mercado em termos globais para os produtos substitutos (Luiken, 2009). Neste contexto, o futuro da indústria de carpete depende fortemente da capacidade das empresas enfrentarem os desafios de um setor maduro, com tecnologia padronizada e competição baseada em redução de custo (Noor-Evans et al., 2009). A indústria brasileira de carpetes se encontra em um momento crítico e, como tal, repleto de dificuldades, mas também pródigo em oportunidades. Se os materiais têxteis expressam o espírito de seu tempo (Farr et al., 2002) é preciso repensar

---

<sup>1</sup> Algumas das tecnologias digitais consideradas foram: automação digital; monitoramento e controle remoto da produção; manufatura aditiva; simulação e modelagem virtual; coleta, processamento e análise de grande quantidade de dados; utilização de serviços “em nuvem”; incorporação de serviços digitais ao produto (Internet das Coisas); projetos de manufatura por computador (CNI, 2016).

<sup>2</sup> Os dados do ranking de setores que mais utilizam tecnologias digitais em processos fabris elaborado pela CNI não foram discriminados por sub-setores, portanto não há informações específicas sobre a indústria de carpetes.

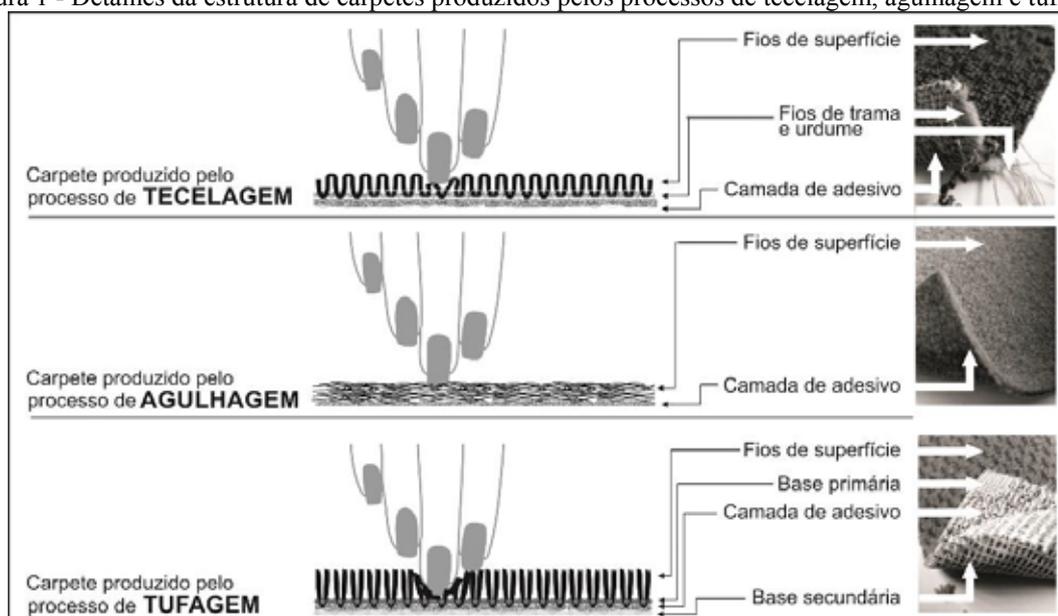
os processos de produção e as matérias-primas utilizados. Esta pode ser uma ocasião favorável ao questionamento estratégico, no qual o design está inserido. Problemas e soluções originários de novas interações entre homens, sistemas, negócios, tecnologias e produtos no setor têxtil mais do que nunca são objeto do design (Bruno, 2016).

A modernização tecnológica exige dos designers novas atitudes e abordagens. Assim, algumas características devem ser observadas na ação projetual do design em um cenário tecnologicamente avançado. São elas: descentralização e cocriação; flexibilização e modularização; intensificação dos processos de personalização; hibridização de produtos e serviços; simulação e virtualização do desenvolvimento de produtos; racionalização de meios e recursos; desenvolvimento e utilização de novos materiais (Hermann et al., 2015; Bruno, 2016). E, sobretudo, é preciso considerar a interação entre o design e outras disciplinas, tais como: engenharia têxtil e dos materiais, química e física, tecnologia da informação e da comunicação. Uma abordagem transdisciplinar permitirá analisar múltiplas causas e efeitos mútuos entre os sistemas tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais de cada campo do conhecimento, bem como das suas interrelações (Bruno, 2016).

### Tecnologias dominantes em carpetes

A indústria global de carpetes é dominada por três processos genéricos de fabricação: tecelagem, agulhagem e tufagem (Berman, 1997) ilustrados na figura 1. Eles apresentam semelhanças importantes, como: a utilização de fibras e de fios - o que caracteriza a natureza têxtil de seus produtos (Godsey, 2013); a aplicação de uma camada de adesivo líquido na base para fixar a matéria-prima da superfície (Hall, 1993, Nielson, 2007); a limitada evolução tecnológica nas últimas décadas, restringindo-se a melhorias incrementais nos maquinários, incluindo o desenvolvimento de teares eletrônicos em substituição aos mecânicos (Whitefoot, 2009); as possibilidades variadas de utilização de processos complementares - tingimento e coloração, laminação de base secundária, utilização de aditivos químicos antiestáticos, antimicrobianos e antimanchas (Godsey, 2013). Contudo, também apresentam diferenças que serão apontadas a seguir em uma breve descrição de cada processo.

Figura 1 - Detalhes da estrutura de carpetes produzidos pelos processos de tecelagem, agulhagem e tufagem.



Fonte: elaborada pelos autores.

A tecelagem é o processo mais antigo e, no caso de carpetes, foi aprimorada com a invenção do tear do tipo *Jacquard*, na França do século XIX. Produz carpetes e tapetes semelhantes aos de tecidos de vestuário ou aos de cama, mesa e banho (Hall, 1993). No entanto, além dos fios longitudinais (urdume) e transversais (trama) comuns nos tecidos planos, no carpete existe um terceiro componente: os fios de superfície. Os três tipos de fios são entrelaçados simultaneamente (Hall, 1993). No Brasil, a tecelagem para revestimentos de piso é utilizada fundamentalmente para a fabricação de tapetes (Gomes, 2015; Hermann, 2015).

A agulhagem obtém como produto final um revestimento semelhante ao feltro. Mecanismos que utilizam agulhas em sentidos opostos agrupam fibras individuais, laminando a matéria-prima, que depois é prensada, criando um carpete plano (Willbanks et al, 2015). Com limitações estéticas quanto a desenhos e texturas, os carpetes agulhados são geralmente usados em espaços comerciais de grande tráfego de pessoas, como eventos de curta duração e em veículos, como carros, aviões e ônibus (Godsey, 2013).

Com origens no artesanato tradicional europeu de tapete bordado, a tufagem foi inventada nos Estados Unidos, no século XIX (Deaton, 1993). Desde então, sua trajetória passou por teares manuais, mecânicos e eletrônicos para aplicar tufos (fios que constituem a superfície) em uma base de suporte - de tela ou de não tecido (Hall, 1993 Nielson, 2007). No final dos anos 1990 ainda foram incorporados sistemas de design e de manufatura assistidos por computador; controle individual de agulhas e robótica (Whitefoot, 2009). Neste processo evolutivo, a tufagem se tornou o processo mais eficiente ao conciliar o potencial para produzir variedade estética, elevado padrão de qualidade e custos operacionais baixos (Tamasy, 2010; Nielson, 2007).

Não por acaso, nos Estados Unidos – o maior centro produtor e consumidor de carpetes - a tufagem é o processo hegemônico, com 95% do volume produzido em metros quadrados (Tamasy, 2010). No entanto, no Brasil, em 2015, os carpetes tufados corresponderam a apenas 17% do volume de produção total da indústria em metros quadrados, ficando atrás dos agulhados, que contribuíram com 83% (Abritac, 2015). Porém, a situação brasileira se inverte quando é observado o faturamento em reais: a tufagem representa 71% e a agulhagem, 29%. Na ausência de dados que expliquem essa discrepância, pode-se supor que a posição coadjuvante da tufagem no cenário brasileiro em metros quadrados esteja relacionada a restrições no poder aquisitivo em tempos de crise econômica, uma vez que os carpetes agulhados são os mais baratos do mercado, porém, também associados a mercadorias de limitada durabilidade.

Não é possível abordar processos de fabricação, sem ao menos citar brevemente a força de trabalho envolvida. A produção têxtil tradicional é intensiva em trabalho humano e, no Brasil, ela ocupa grande contingente de trabalhadores. Mas, como uma indústria madura, o emprego industrial tradicional não aparece como opção para jovens e ela tem se apoiado nas capacidades de trabalhadores mais velhos (Bruno, 2016). Isso se deve também a transformações sociais produzidas por programas nacionais de transferência de renda e regimes de cotas universitárias, entre outros fatores. A escassez de mão de obra qualificada é uma questão crítica para indústria têxtil em geral e a carência de operadores pode ser um estímulo à automação e à robotização industrial mesmo onde ainda há mão de obra barata (Bruno, 2016). Este cenário quanto à mão de obra também é identificado na indústria têxtil especializada em carpetes e tapetes (Gomes, 2015; Hermann, 2015).

Retomando a questão dos processos de manufatura, métodos mais eficientes foram importantes para transformar o carpete em um produto de consumo de massa, mas não

somente. A utilização de matérias-primas provenientes da indústria petroquímica - ao manter a oferta estável, ao oferecer baixo custo e ao propiciar a evolução dos atributos estéticos e práticos – também foi fundamental para a expansão do carpete no mercado de revestimentos de piso (Godsey, 2013). Contudo, como as matérias-primas apresentam variações de acordo com o processo de fabricação empregado, optou-se por detalhar aquelas utilizadas na tufagem, já que ela é o processo dominante internacionalmente e também possui participação de mercado significativa no mercado nacional. Sendo assim se destacam: as fibras de superfície, as telas de suporte e os adesivos.

As fibras são fortes, porém flexíveis e transferem as suas propriedades aos bens manufaturados nos quais estão inseridas (Ashby e Johnson, 2011). Na tufagem, as fibras de polímeros sintéticos são as mais utilizadas (Nielson, 2007; Fletcher e Grose, 2011). Entre todas as alternativas, a poliamida é líder mundial porque apresenta recuperação elástica superior, que se manifesta no carpete como resistência ao amassamento, mas também porque é resistente à abrasão, à sujeira, a micro-organismos e a manchas; além de apresentar facilidade de tingimento (Chaudhuri e Bandyopadhyay, 2009). Desde os anos 1940 - quando foram desenvolvidas as fibras sintéticas – a evolução na área ficou restrita a inovações incrementais, exceto pelo desenvolvimento da Polilactida (Colchester, 2007). Ela é uma fibra derivada de plantas, animais ou micro-organismos, cuja relevância se encontra no potencial de proteção ambiental, uma vez que é renovável, biodegradável e reciclável (Nielson, 2007; Dent e Sherr, 2014). No entanto, sua importância comercial ainda é relativa, pois há pouca informação sobre o seu desempenho e há falta de confiança em relação à oferta em escala industrial e global (Whitefoot, 2009).

Além das fibras, a tufagem pressupõe a utilização de base primária, cujo principal propósito é fornecer uma estrutura para a aplicação dos tufo, e de base secundária, cuja função básica é fornecer estabilidade dimensional ao produto final (Hall, 1993). Ambas são compostas geralmente de tela biaxial – com trama e urdume – ou de não tecido, respectivamente de polipropileno e poliéster, porque apresentam resistência à água e a micro-organismos (Nielson, 2007). Para concluir, cabe ao adesivo permitir a fixação das diversas camadas sobrepostas do carpete tufado. A substância predominante é o elastômero butadieno-estireno devido as suas propriedades técnicas e ao seu nível de preço (inferior ao de qualquer material alternativo). Porém, o acetato de etilvinilo (EVA) se apresenta como uma opção quando o diferencial em foco não é o preço, mas a qualidade do ar interno, uma vez que reduz o nível de emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs).

Na indústria de carpetes não se percebe mudanças tecnológicas significativas, uma vez que os processos dominantes – tufagem, tecelagem e agulhagem – estão relacionados com as origens centenárias deste setor; e que os materiais utilizados na fabricação de seus produtos, principalmente os fios de superfície mais utilizados, foram desenvolvidos há mais de 70 anos. Sendo assim, se a tecnologia é considerada uma das principais impulsionadoras dos progressos nesta indústria, pode residir neste aspecto uma das causas da crise em que ela se encontra. Exceto pelo aperfeiçoamento de processos existentes e pela criação de bioplásticos, as inovações foram limitadas e o desenvolvimento de produto ficou restrito à diferenciação de atributos estéticos. Neste caso, pode-se inferir que materiais e processos de outras indústrias podem ser transformados em importantes fontes de inovação.

### **Estratégias emergentes para inovar em materiais têxteis**

Inovar é fundamental no momento em que o futuro da indústria de carpete depende fortemente da capacidade dos seus fabricantes enfrentarem os desafios de um setor maduro e

buscarem novas vantagens competitivas. Uma das formas de se afastarem da fabricação dos produtos tradicionais e das tecnologias padronizadas é por meio da convergência de conhecimentos de áreas diversas e da colaboração entre pesquisadores de diferentes indústrias, como a eletrônica e a química (Noor-evans et al., 2009). A experimentação na integração entre o setor têxtil e os não têxteis é essencial para o desenvolvimento de competências voltadas para construção de uma indústria adequada às demandas e parâmetros do século XXI. Fibras e fios, com suas formas longilíneas deverão permanecer como unidade estrutural têxtil nos próximos anos, mas novos materiais híbridos serão capazes de impulsionar significativas transformações nos sistemas de manufatura (Bruno, 2016).

Novas estratégias para incorporar inovação aos materiais têxteis são identificadas em produções de pequena escala, em protótipos, em projetos conceituais ou, ainda, em produtos comerciais lançados para nichos de mercado. Elas têm possibilitado o surgimento de inovações sem precedentes e sinalizam o surgimento de novas funções para os têxteis, inclusive, em aplicações para o design de interiores. Os materiais transcendem os atributos estéticos tradicionalmente associados aos têxteis e ganham propósitos multifuncionais, a partir, por exemplo, da incorporação de componentes eletrônicos e do uso da nanotecnologia (Beylerian e Dent, 2007; Dent e Sherr, 2014).

É importante ressaltar que, nesta seção, optou-se por ampliar o escopo, indo além da indústria de carpete, incorporando à investigação a indústria têxtil de modo geral, englobando têxteis para vestuário, veículos, arquitetura e design de interiores. Assim, os tópicos a seguir apresentam referências de materiais têxteis de modo geral e, quando encontradas, apontam iniciativas associadas especificamente ao carpete. Neste contexto, é utilizada uma definição abrangente do termo “têxtil”, e envolve: não tecidos, membranas, malhas, aglomerações de fibras e tecidos compostos, entre outros (Castle, 2006).

#### Incorporação de componentes eletrônicos

Progressos nas tecnologias têxtil, eletrônica e da computação permitiram a criação de novos materiais chamados têxteis eletrônicos, têxteis inteligentes e, ainda, eletrônicos vestíveis, no caso de roupas (Bruno, 2016). Eles percebem os estímulos externos, oriundos de fontes mecânicas, térmicas, químicas, elétricas, magnéticas ou respondem aos estímulos de forma programada (Colchester, 2007). Estes materiais – passivos ou ativos - assumem funções que vão além do propósito convencional dos têxteis: transmitem energia; conectam-se e se comunicam com outros dispositivos; incorporam detecção, regulação e mudanças de temperatura, de umidade, de permeabilidade, de cor e de forma (Shaul e Tinero, 2006; GVR, 2014; Anwar, 2014; Dent e Sherr, 2014).

Os têxteis eletrônicos precisam conter dispositivos de recepção e de transmissão, incorporando eletrônicos a fibras e revestimentos (Anwar, 2014; Dent e Sherr, 2014), mas existem graus diferentes de incorporação. No nível mais básico, os componentes têxteis e eletrônicos são percebidos separadamente, isto é, o revestimento proporciona estrutura e proteção para o sistema<sup>3</sup>, mas não executa nenhuma função eletrônica (Wilson e Teverovsky, 2011). No nível mais avançado, há uma convergência entre os materiais: por exemplo, ao bordar circuitos eletrônicos nos tecidos (Anwar, 2014) ou, de modo ainda mais sofisticado, ao usar estruturas fibrosas nas quais os materiais condutores e semicondutores são integrados

<sup>3</sup> Um sistema típico é composto por uma entrada, como um interruptor ou um sensor; um circuito computacional; vias de transmissão entre os componentes; uma saída; LED, display ou antena de transmissão; uma fonte de energia e uma embalagem (Wilson e Teverovsky, 2011).

diretamente aos substratos têxteis como apresentado na figura 2 (Wilson e Teverovsky, 2011). No último caso, devido à complexidade técnica da integração dessas funcionalidades em uma fibra têxtil, há poucos exemplos bem-sucedidos de desenvolvimento (Bruno, 2016).

Aplicados a revestimentos residenciais - de parede, de piso e de janelas, em roupas de cama, mesa e banho – assim como em estofados de automóveis e em vestuário, os têxteis eletrônicos são leves e flexíveis, além de oferecerem comodidade térmica (Frumkin e Weiss, 2012). Ainda são considerados como propostas - projetos experimentais ou aplicações comerciais em nichos de mercado – contudo, apresentam resultados promissores: detectam presença; monitoram a saúde dos usuários (Quinn, 2013); se adaptam a necessidades individuais, como tamanho e peso do usuário; possibilitam novos efeitos decorativos e interativos (Büsgen, 2011); conectam pessoas e permitem a comunicação à distância (Raffle et al., 2004).

Figura 2 – À esquerda: detalhe de roupa integrada à telefonia móvel por meio de dispositivos eletrônicos e fios condutores incorporados ao tecido.

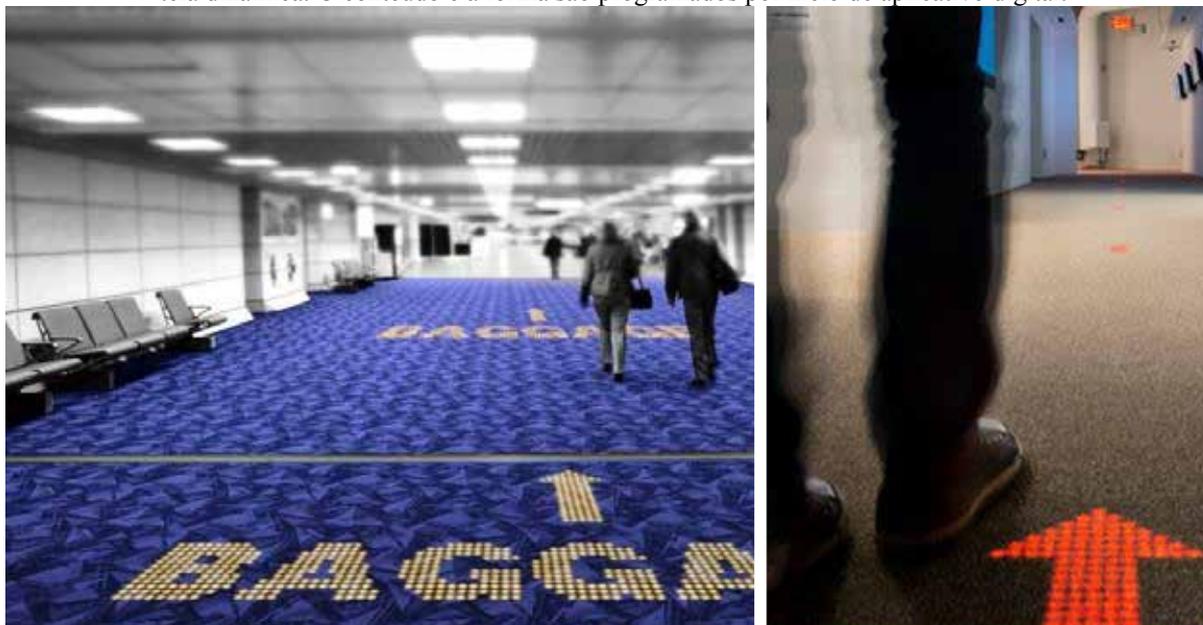
À direita: mochila complementa o equipamento de segurança do ciclista, que aciona um *joystick* e traduzidos os movimentos para um display de diodos emissores de luz (LED) embutido no tecido.



Fonte: Google, 2015; David, 2012.

Em carpetes, a inclusão de LEDs nas suas estruturas construtivas permite emitir luz e agregar novas possibilidades a uma função tradicional: a segurança (Luiken, 2009). No piso, eles sinalizam, orientam, comunicam, detectam o movimento dos usuários, identificam diferentes marchas, registram cadências individuais, monitoram percursos, notificam quedas e períodos de inatividade, reconhecem o movimento de pessoas com deficiências. Ainda não existem versões comerciais para uso doméstico, mas podem ser encontrados protótipos e produtos em pequena escala de produção para espaços corporativos e hoteleiros (Sophy, 2011), aeronaves (Frumkin e Weiss, 2012) e ambientes hospitalares (Quinn, 2011), como demonstra a figura 3.

Figura 3 – À esquerda e à direita, exemplos de sistema de LED integrado ao carpete transforma o piso em uma tela dinâmica. O conteúdo e a forma são programados por meio de aplicativo digital.



Fonte: Philips, 2014.

Os principais desafios para o crescimento comercial dos têxteis eletrônicos vão além da necessidade de aumentar escala e de reduzir custos. Estão relacionados, por um lado à tradição e, por outro, à inovação (Wilson e Teverovsky, 2011). Estes materiais precisam conciliar os atributos têxteis familiares aos usuários, porém, demandam seleção e desenvolvimento de componentes que viabilizem a reação prevista do produto aos estímulos projetados. O desenvolvimento de fibras adequadas ao uso humano - sobretudo no vestuário – devem preservar suas características morfológicas e estéticas, bem como suas propriedades associadas à resistência, durabilidade, elasticidade, flexibilidade, comodidade e praticidade (Noor-evans et al., 2009; Bruno, 2016). No entanto, tais fibras também devem incorporar as propriedades inerentes aos artefatos eletrônicos e à portabilidade, preferencialmente gerando soluções de continuidade entre as estruturas têxteis e os dispositivos. Porém, atribuir funções eletrônicas a estruturas fibrosas, porosas e deformáveis, e ao mesmo tempo preservar essas funções durante é um desafio (Bruno, 2016). Requer pesquisa para o aperfeiçoamento da tecnologia sem fio, para miniaturização dos componentes eletrônicos (processadores e fontes de alimentação), para o desenvolvimento de polímeros condutores (Wilson e Teverovsky, 2011); e ainda, demanda a definição de normas e certificações (GVR, 2014).

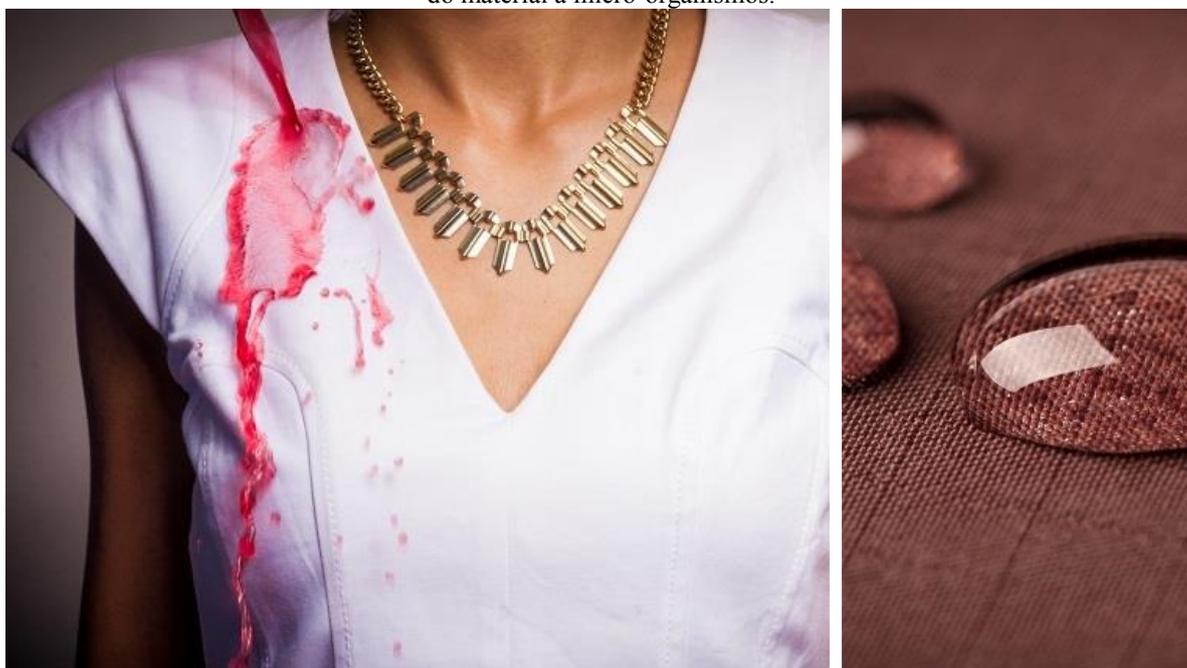
#### Nanotecnologia

A habilidade de manipular materiais no nível molecular para controlar as suas propriedades e, conseqüentemente, o seu desempenho, ainda é possível somente na natureza, mas podem ser observados progressos significativos, como resultado de pesquisas em nanotecnologia (Beylerian e Dent, 2007). Em escala “nanométrica”, muitas propriedades fundamentais da química e da física mudam radicalmente. Seu potencial é reconhecido especialmente em têxteis projetados para uso militar, médico, esportivo e aeronáutico, porque neles geralmente se privilegia o desempenho, em detrimento do custo (Noor-evans et al., 2009). A nanotecnologia é o estudo da manipulação da matéria numa escala atômica e molecular, que lida com estruturas e materiais de dimensões inferiores a 100 nanômetros,

ressaltando que um nanômetro corresponde a um milionésimo de milímetro. Exemplificando, um nanômetro está para o diâmetro de uma bola de futebol, assim como a moeda de um centavo de real está para o diâmetro da Lua. A nanotecnologia é uma das mais importantes áreas de pesquisa na ciência dos materiais e os produtos gerados por ela têm varias aplicações em diversas áreas, inclusive no design de interiores (Brown e Farelly, 2014).

A adoção da nanotecnologia no setor têxtil promete não alterar as propriedades originais dos materiais, como o toque agradável das fibras (Dent e Sherr, 2014), mas indica ser capaz de, tanto aperfeiçoar produtos tradicionais, quanto de desenvolver materiais radicalmente inovadores. Inovações incrementais associadas ao têxtil incluem: retardância à chama (Dent e Sherr, 2014); absorção e repelência de materiais como água e óleo, coexistindo no mesmo produto como ilustrado na figura 4; resistência ao desbotamento (Noor-evans et al., 2009); aumento da comodidade das fibras sintéticas e adição de resistência às fibras naturais (Costa et al., 2011). Inovações radicais envolvem: miniaturização de dispositivos eletrônicos; absorção de odores e liberação contínua e prolongada de substâncias químicas, como medicamentos e fragrâncias; pigmentação sem corantes; alteração do comportamento cromático em decorrência de estímulos, como luz e calor; resistência a manchas e a vincos; autolimpeza; bloqueio de raios ultravioleta; proteção contra micro-organismos e controle da temperatura corporal (Noor-evans et al., 2009; Frumkin e Weiss, 2012; Bruno, 2016). Tudo isso, basicamente, através de três processos: aplicação de “nanopartículas” em tecidos; encapsulamento de agentes funcionais antes da fiação ou dos processos de acabamento dos fios; impressão de “nanomateriais” juntamente com pigmentos na superfície dos têxteis (Noor-evans et al., 2009).

Figura 4 – À esquerda: nanopartículas revestem tecido e geram efeito hidrófobo. À direita: detalhe de tecido pulverizado com nanopolímeros, que ao repelir água e óleo, aumentam a resistência do material a micro-organismos.



Fonte: Hunter, 2014.

Especificamente, na indústria de carpetes, as aplicações da nanotecnologia ainda são limitadas, mas as poucas iniciativas são promissoras. O uso de “nanomateriais”, além de

aumentar as resistências à eletricidade estática, à tração, a micro-organismos e a chamas, promete converter desvantagem em benefício, quando associado à higienização (Luiken, 2009). Isso ocorre por meio da aplicação de acabamentos superficiais no carpete, que dificultam a penetração de partículas de sujeira no interior da fibra, portanto, permitem que sejam removidas mais facilmente. Ao resistir à sujeira e a manchas, os carpetes podem conservar a aparência de novo por mais tempo, ampliando o ciclo de vida do produto (Dent e Sherr, 2014).

São muitas as perspectivas para a nanotecnologia se consolidar como uma estratégia de inovação no setor têxtil, especialmente no que se refere a tingimento conforme apresentado na figura 5. “Nanomateriais” permitem o tingimento em lotes de produção mais eficientes e tornam os materiais têxteis mais resistentes ao desbotamento e ao esmaecimento da cor por estiramento do tecido, como ocorre nos processos de tingimento por sublimação (Bruno, 2016). Estes processos de tingimento também reduzem o impacto ambiental. A nanotecnologia contribui para o desenvolvimento de produtos sustentáveis ecologicamente através da redução de consumo de água, de energia e de produtos químicos; (Costa et al., 2011). Porém, ainda existem fatores críticos a serem considerados para sua difusão: aumento de escala e redução de custo; maior integração do conhecimento de diversos campos, como física, química, engenharia e biologia; investigação sobre possíveis efeitos adversos dos “nanomateriais” em relação à saúde humana e à segurança do meio ambiente (Noor-evans et al., 2009).

Figura 5 – À esquerda: vestido produzido com tecido que imita – sem o uso de pigmentos - o efeito iridescente das asas azuis de uma espécie de borboleta. À direita: detalhe da asa do inseto que inspirou o projeto que integra biomimética e nanotecnologia.



Fonte: O'Mahony, 2011.

### Considerações finais

O Design Estratégico e a combinação de dois tipos de pesquisa - uma com foco no contexto e na análise de processos e materiais do setor têxtil e de carpetes, assim como outra,

com foco em tendências e na observação de sinais vindos de outras indústrias e suas tecnologias - permitiram refletir sobre as circunstâncias atuais e inferir sobre possibilidades futuras. As evidências obtidas acerca da situação da indústria têxtil especializada em carpetes - sob o ponto de vista tecnológico - confirmam a imagem de um setor tecnologicamente limitado e fortemente voltado para a produção industrial de larga escala. As tecnologias dominantes - produtos e processos tradicionais - são maduras, padronizadas, limitadas a inovações incrementais e incorporam parcialmente as tecnologias digitais de produção valorizadas pelo novo cenário tecnológico. Do mesmo modo, as promissoras estratégias emergentes para inovar em materiais têxteis - incorporação de componentes eletrônicos e nanotecnologia - ainda estão mais no campo aspiracional do que na realidade de mercado no que se refere a materiais têxteis em geral e, sobretudo, a carpetes. Isso porque estas novas configurações ainda aparecem em experimentos e em escalas produtivas reduzidas.

Mas se a defasagem tecnológica na indústria têxtil em geral e, principalmente na indústria de carpetes é expressiva, as oportunidades de geração de valor ao adotar estratégias para inovar por meio da hibridização de indústrias são consideráveis. O uso compartilhado de tecnologias produtivas exógenas possui potencialidade para provocar mudanças estruturais nas indústrias, exigindo reflexões estratégicas sobre o que transcende o campo de atuação tradicional de determinado setor, sobre as novas possibilidades de geração de valor conjunto e sobre o que tudo isso acarreta para o design.

Quanto à indústria de carpetes, pode-se especular como se poderia projetar um produto inovador considerando as tecnologias dominantes. Assim como, levando em conta as estratégias emergentes, pode-se perguntar em que o carpete pode se transformar. Tais conjecturas são relevantes para a indústria brasileira avaliar a posição estratégica que deseja ocupar na cadeia de valor nacional e global. Para o setor têxtil em geral, fibras e fios provavelmente deverão permanecer como unidade constitutiva básica por mais algum tempo. Contudo, não se pode prever quanto. Experiências inovadoras orientadas para o desenvolvimento de novos processos e de materiais híbridos sugerem ser capazes de alterar profundamente o conceito de produtos têxteis e, possivelmente, propiciar o surgimento de modelos de negócios alternativos. Neste sentido, parcerias intersetoriais apontam para a construção de benefícios mútuos, tanto para a indústria têxtil quanto para as outras envolvidas. Isso devido às possibilidades existentes na convergência de conhecimentos e capacidades essenciais à ação estratégica em novos ambientes competitivos.

Implicações para o design também são percebidas. No escopo restrito da ênfase em design de produto, a área de atuação se expande e o conhecimento de novos materiais e processos muda a forma como as atividades projetuais são realizadas. Ao transcender a especialização em excesso e experimentar a integração com as mais diversas indústrias surgem perspectivas para o desenvolvimento de soluções que extrapolam melhorias pontuais e favorecem a inovação radical. Já para o design no escopo amplo e estratégico, descortinam-se oportunidades ao demonstrar o modo de contribuição para indústrias maduras. Etapas anteriores ao processo de projeto propriamente dito propiciam o confronto de visões divergentes e constroem espaços de crítica e reflexão, fundamentais para a inovação em ambientes organizacionais caracterizados por práticas consolidadas, porém obsoletas.

O tema é complexo e extenso, suscitando a realização de novos estudos. Ainda no âmbito da modernização tecnológica da indústria têxtil, especialmente a de carpetes, pesquisas futuras serão úteis ao abordar: outras estratégias para inovar, como biotecnologias e tecnologias digitais de manufatura aditiva; mas, também, ao incorporar outra dimensão - a sustentabilidade ambiental. Afinal, novos materiais podem alterar a dinâmica de produção e o

impacto ecológico. O tema também é instigante, pois a hibridização entre indústrias é uma estratégia a ser considerada devido ao seu potencial criativo. Materiais híbridos serão projetados para atender novas demandas e as limitações possivelmente estarão relacionadas à capacidade de investimento das empresas, à aceitação dos consumidores e à imaginação dos designers.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TAPETES E CARPETES. **Dados econômicos 2012 e 2015**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.abritac.org.br/perfil-do-setor/>>. Acesso em: 9 mar. 2017.

ANWAR, S. **Manufacturing of electronic textile**. Fibre to Fashion, New Delhi, nov. 2014. Disponível em: <<http://www.fibre2fashion.com/industry-article/50/4933/manufacturing-of-electronic-textile1.asp>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

ASHBY, M.; JONHSON, K. **Materiais e design: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

BERMAN, A. **The complete book of floors**. London: Frances Lincoln, 1997.

BEYLERIAN, G. M.; DENT, A. **Ultramaterials: how materials innovation is changing the world**. London: Thames e Hudson, 2007.

BROWN, R.; FARRELLY, L. **Materiais no design de interiores**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

BRUNO, F.S. **A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão de futuro para 2030**. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016.

BÜSGEN, A. **New product development in interior textiles**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011.

CASTLE, H. **Architecture + Textiles = Architextiles**. In: \_\_\_\_\_. *Architextiles*. London: Wiley, 2006.

CHAUDHURI, S. K., BANDYOPADHYAY, S. **Structure and properties of carpet fibers and yarns**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009.

COLCHESTER, C. **Textiles today: a global survey of trends and traditions**. London: Thames e Hudson, 2007.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2016.

COSTA, A. C. R. et al. **Inovação nos setores de baixa e média tecnologia**. BNDES Setorial, Brasília, n. 33, p. 379-420, 2011.

DAVID, C. (Org.) **Futuro Textiles: surprising textiles, design & art**. Oostkamp: Stichting Kunstboek, 2012.

DEATON, T. M. **Bedspreads to broadloom: the story of the tufted carpet industry**. Acton: Tapestry Press, 1993.

DENT, A. H.; SHERR, L. **Material innovation: product design**. London: Thames e Hudson, 2014.

FARR, C. et al. **Contemporary rugs: art and design**. London: Merrell Publishers, 2002.

FLETCHER, K., Grose, L. **Moda e Sustentabilidade: design para mudança**. São Paulo: Ed. Senac, 2011.

FRUMKIN, S.; WEISS, M. **Fabrics and new product development**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2012.

GODSEY, L. **Interior Design Materials and Specifications**. New York: Fairchild, 2013.

GOMES, G. **Guilherme Gomes**: depoimento [fev. 2015]. Entrevistador: M. Bergmann. São Paulo, 2015.

GOOGLE. **Project Jacquard**. Mountain View, 2015. Disponível em: <<https://atap.google.com/jacquard/>>. Acesso em: 23 mai. 2016.

GRAND VIEW RESEARCH. Smart textiles market analysis and segment forecasts to 2020. San Francisco: GVR, 2014. Disponível em: <[http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/smart-textiles-industryHomeSmart textilesSmart Textiles Market Analysis and Segment Forecasts To 2020](http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/smart-textiles-industryHomeSmart%20textilesSmart%20Textiles%20Market%20Analysis%20and%20Segment%20Forecasts%20to%2020)>. Acesso em: 12 out. 2014.

HALL, W. R. **Contract Interior Finishes: a handbook of materials, products and applications**. New York: Whitney Library of Design, 1993.

HERMANN, M. et al. **Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review**. Dortmund: Technische Universität, 2015. Disponível em: <<http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4-0-Scenarios.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2017.

HERMANN, R. J. **Roberto James Hermann**: depoimento [fev. 2015]. Entrevistador: M. Bergmann. São Paulo, 2015.

HUNTER, B. (Ed.). **Nano coatings for textiles and nonwovens: the future is now**. Innovation in Textiles, Nottingham, 2014. Disponível em: <<http://www.innovationintextiles.com/nano-coatings-for-textiles-and-nonwovens-the-future-is-now/>>. Acesso em: 9 mar. 2017.

LUIKEN, A. **A new future for carpets**. Wierden: Texpress, 2009.

MARIOTTI, C. E. **Evolução do consumo brasileiro de revestimentos de pisos para ambientes internos**. São Paulo: Abiplar, 2013.

NIELSON, K. J. **Interior Textiles: fabrics, application e historic style**. Hoboken: Wiley, 2007.

NOOR-EVANS, F. et al. **Nanotechnology innovation for future development in the textile industry**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009.

O'MAHONY, M. **Advanced textiles for health and wellbeing**. London: Thames & Hudson, 2011.

PHILIPS. **Luminous carpet**. Eindhoven, 2014. Disponível em: <<https://www.luminous-carpets.com/usa/how-it-works>>. Acesso em: 11 mar. 2017.

QUINN, B. **Textile Visionaires: innovation and sustentainability in textile design**. London: Laurence King, 2013.

\_\_\_\_\_. **Design futures**. London: Merrell, 2011.

RAFFLE, H. et al. **Super Cilia Skin: a textural interface**. *Textile*, v. 2, n. 3, p. 1–19. London: Berg, 2004. Disponível em: <<http://tmg-trackr.media.mit.edu:8020/SuperContainer/RawData/Papers/342-Super%20Cilia%20Skin%20A/Published/PDF>>. Acesso em: 17 out. 2014.

SHAUL, O. E.; TINERO, D. **Tate in space**. In: CASTLE, H. (Org.). *Architextiles*. London: Wiley, 2006.

SCALETSKY, C. C. et al. **Reflexões sobre design estratégico**. In: SCALETSKY, C. C. (Org.). *Design estratégico em ação*. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2016.

SOPHY, J. **LED carpeting may light the way to the future**. Naples: Small Business Trends, 2013. Disponível em: <<http://smallbiztrends.com/2013/12/led-carpet-light.html>>. Acesso em: 20 out. 2014.

TAMASY, R. J. **Tufting legacies: the story of the men who revolutionized the carpet industry**. Bloomington: iUniverse, 2010.

WHITEFOOT, D. **Carpet types and requirements**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009.

WILLBANKS, A. et al. **Textiles for residential and commercial interiors**. New York: Bloomsbury, 2015.

WILSON, P.; TEVEROVSKY, J. **New product development for e-textiles: experiences from the forefront of a new industry**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011.