

Article

Desafios de uma exposição sobre nanociência e nanotecnologia

Sandra Murriello, Djana Contier e Marcelo Knobel

Este artigo apresenta alguns dos desafios enfrentados ao desenvolver uma exposição interativa sobre nanociência e nanotecnologia no Brasil. Apresentar uma área científico-tecnológica em formação e pouco conhecida ainda pela população leva a uma (re)consideração do papel dos museus e centros de ciência na conformação e consolidação da própria prática científica. Museograficamente, a exposição lida com o desafio de fazer visível a matéria numa expressão distante da percepção humana. Apresenta-se aqui algumas reflexões sobre a opção de musealização escolhida provenientes de uma avaliação da exposição mais abrangente.

Introdução

A NanoAventura é a primeira exposição organizada pelo Museu Exploratório de Ciências da UNICAMP, que foi desenvolvida em 2005 como parte do processo de consolidação desta instituição.¹ A proposta foi criar uma exposição interativa que pudesse atrair o interesse do público infantil e adolescente (9-14 anos) para a nanociência e a nanotecnologia gerando um espaço de aprendizado e divertimento. Nessa perspectiva, a NanoAventura foi pensada como um convite a explorar o mundo nanoscópico por meio de imagens, músicas e simulações de um modo lúdico (figura 1).

Um apresentador conduz o roteiro, de uma hora de duração, composto por vídeos e jogos eletrônicos para uma turma de, no máximo, 48 participantes. Um vídeo, desenvolvido especialmente para o projeto, introduz a noção de escala, apresenta os fundamentos da nanociência e da nanotecnologia e mostra o desenvolvimento dessas áreas no Brasil. Na etapa seguinte a turma é dividida em quatro grupos que transitam pelas estações dos jogos. Três dos jogos eletrônicos permitem manipular objetos virtuais simulando práticas de laboratório e da indústria. Já o quarto jogo é um passeio virtual,² que convida o visitante a explorar espaços de pesquisa do LNLS e da UNICAMP. O encerramento da experiência acontece novamente em forma coletiva com a apresentação de um vídeo 3D que recupera visualmente algumas das idéias previamente apresentadas.

O desenvolvimento da NanoAventura vem sendo avaliado desde as suas fases iniciais [21]. Considerando a avaliação como uma prática já consolidada nos grandes museus do mundo nas últimas décadas, se decidiu utilizar esta ferramenta para a melhoria permanente dos produtos desenvolvidos, e para um melhor acompanhamento dos processos e interações que acontecem durante a experiência. As avaliações em museus podem ser classificadas conforme seus objetivos, seus paradigmas de referência ou seu foco de interesse e, segundo diversos autores, seus momentos e fases recebem diferentes denominações e utilizam diversos instrumentos [8],[23],[18],[20]. Para a NanoAventura utilizou-se como referencial a classificação proposta pelo *Audience Research Center* do *Australian Museum* (http://www.amonline.net.au/amarc/pdf/research/exhibition_evaluation.pdf) que considera uma fase de avaliação preliminar, uma formativa,³ uma corretiva e uma somativa. Metodologicamente foram utilizados principalmente questionários, por serem instrumentos apropriados para os fins propostos e para as condições do contexto expositivo. Entrevistas e observações também foram utilizadas para a coleta de dados.

O objetivo da avaliação preliminar realizada na fase de planejamento foi identificar no público-alvo os conhecimentos prévios sobre os conteúdos a serem abordados na NanoAventura. Os resultados se mostraram úteis ao desenho da proposta e à definição do roteiro geral utilizando como ponto de partida as idéias dominantes. A avaliação corretiva realizada em 2005, nos primeiros meses de funcionamento, com público avulso e escolar, mostrou os acertos e os problemas da exposição e orientou as decisões de



Figura 1. Algumas imagens da NanoAventura. Fotos: Nelson Chinaglia (LNLS).

aprimoramento. Já a fase de avaliação somativa ainda está em andamento e pretende aprofundar na análise das interações do público com os jogos e entre pares, assim como avaliar os ganhos afetivos, sociais e cognitivos da exposição. A análise do impacto da exposição a longo prazo também pretende ser pesquisada por meio do método da lembrança estimulada [24] em grupos que já visitaram a exposição.

Este trabalho destaca dois dos principais desafios enfrentados ao desenvolver a NanoAventura: despertar o interesse por uma ciência e uma tecnologia emergente ainda distante do cotidiano do público alvo e musealizar o que não pode ser visto a olho nu. Discutem-se ainda alguns resultados da avaliação da proposta museográfica utilizada.

Os primeiros passos de uma exposição

A nanociência é recorrentemente referenciada como uma ciência nova, porém o estudo de elementos a escala nanométrica existe antes de ganhar essa denominação. O desenvolvimento de instrumental apropriado para observar e manipular esses elementos teve um forte impulso nas últimas duas décadas levando ao surgimento de uma nova tecnologia que aparece no cenário com sua carga de promessas e incertezas. A nanotecnologia é a engenharia de materiais a partir de átomos e moléculas, que possibilita o uso dos resultados da nanociência para a manipulação e reorganização de nanopartículas, promovendo outras combinações e, com isso, a elaboração de novos materiais e dispositivos. Esta é uma tecnologia emergente que está entre as prioridades de investimentos em C&T que se vem multiplicando exponencialmente na última década [9] mas que, conforme pesquisas da área em diversos países, ainda está longe das preocupações e interesses de grande parte da população.

Pesquisas de opinião feitas nos EUA [4], no Reino Unido [1] e a comparação entre Canadá e os EUA [5] mostraram que as pessoas não estão ainda muito familiarizadas com esses termos. Com algumas diferenças nos distintos contextos, a atitude geral é de otimismo face às novas promessas tecnológicas. O estudo de Einseidel mostra que essas expectativas estão ligadas a melhoras na qualidade de vida e, especialmente, em questões de saúde. Não temos informações sistemáticas a respeito da opinião nos países latino-americanos nos quais as pesquisas de opinião e de percepção pública são mais recentes e, ainda as existentes [27],[26] não consideram esse tema especificamente. Porém, mesmo que a provável

falta de informação factual sobre as novas tecnologias seja assumida, pensamos que isso não impede a formação de atitudes, pois elas se encaixam numa relação mais ampla com a ciência e a tecnologia [4],[16].

A comunicação e a educação em nanociência e nanotecnologia em museus e centros de ciência aparece como uma contribuição a um diálogo ciência-tecnologia-sociedade (CTS) ainda incipiente. Sabemos que nos museus e centros de ciência a exibição de temas científico-tecnológicos emergentes não é a prática mais freqüente. A exposição de controvérsias científicas é ainda menos freqüente, e de difícil resolução quando existente [7]. Consideramos esse um caminho atual a ser atendido por instituições que tentam contribuir com o diálogo ciência-tecnologia-sociedade e que devem redefinir seu papel de meros transmissores dos princípios científicos para se converter em espaços de debate e reflexão. Mas essa transformação precisa de um processo mais aprofundado que leve a reverter o papel tradicional de uma comunicação científica baseada num modelo de déficit [29] que, como mostra Hooper Greenhill [19], tem sido o modelo dominante também nos museus de ciência.

Cientes da distância da temática para o público alvo, indagamos, na avaliação preliminar, quais as idéias e conhecimentos prévios ligados à nanociência e nanotecnologia [21]. Menos de 20% da amostra de 72 alunos da rede estadual e privada de Campinas e São Paulo manifestou conhecer as palavras nanociência e nanotecnologia, e entre desses, nenhum deles arriscou-se a defini-las. Aliás, termos que fazem parte do currículo escolar e são conceitos chave para a interpretação desta área como *átomo*, *molécula* e *célula* apareceram como definições vagas, cientificamente erradas e até invertidas. Esses termos aparecem às vezes ligados à idéia de componente, fração, pedaço constituinte de alguma coisa maior, mas, ao mesmo tempo, domina a idéia de que a matéria está formada por pequenos pedaços de si mesma. Esses resultados nos alertaram para as dificuldades de uma compreensão conceitual da nanotecnologia, levantaram inquietações sobre a concepção da matéria e ajudaram a definir os focos temáticos a ser abordados na exposição.

As dificuldades de apresentar em uma exposição uma ciência baseada no que não se vê a olho nu apareceram como um dos desafios museográficos e comunicacionais. Essa mesma inquietação tinha sido colocada pela equipe de avaliação da exposição "*It's a nanoworld*",⁴ desenvolvida nos EUA [3]. Essa exposição, pensada para crianças entre 5 e 8 anos, se propôs a apresentar o universo não visível passando do macro ao micro e dali ao nano, considerando a noção de escala um dos maiores obstáculos para a compreensão da nanociência. A avaliação preliminar da NanoAventura também mostrou que a idéia de pequeno estava bem distante do universo nanoscópico para o público alvo. Os menores objetos reconhecidos foram objetos não visíveis a olho nu (48%) dos quais 83% eram estruturas biológicas (como bactérias, células ou micróbios em geral), sendo que apenas 17% das respostas citaram estruturas básicas como átomos ou moléculas. Por outro lado, 33% das respostas identificaram objetos visíveis a olho nu, em particular insetos como pulgas e formigas, como as menores estruturas conhecidas. Assim o universo microscópico ligado ao biológico apareceu como o mais significativo e como uma possível porta de entrada para conteúdos distantes da percepção de crianças e adolescentes.

Devido à escala em que atuam, a nanociência e a nanotecnologia são mediadas por imagens de instrumental especializado e de manipulação delicada. A imagem do objeto e as simulações são as formas de aproximação e de experimentação no mundo nanoscópico. Qual é então a possibilidade de musealizar esses objetos? Diversos autores [10],[28] defendem que a "autenticidade" dos objetos —a sua materialidade— constituem a característica diferencial dos museus. Sem dúvida o contato direto com objeto material atrai a atenção, emociona, mexe com o visitante caracterizando a experiência museal. Mesmo que concordando com essa posição,⁵ no planejamento da exposição nos deparamos com uma dificuldade diretamente ligada à natureza do nosso objeto museal. Como montar uma exposição com nano-objetos reais? A proposta de desenvolver uma representação virtual desses objetos manipuláveis por meio de recursos multimídia apareceu como uma opção que oferecia uma solução expositiva e servia para simular um contexto semelhante a dos laboratórios, evitando tratar a questão utilizando elementos de ficção científica.

Por outro lado, a utilização de uma linguagem virtual, próxima ao público alvo, nos desafiava a desenvolver uma aproximação expográfica inovadora nesta temática. Tal como afirma Hall [11], as propostas virtuais interativas chegaram nos museus de ciência para ficar pois são entretidas e relacionam-se com o cotidiano do público jovem. Sem tentar afirmar a existência de uma *net generation* homogênea,

e reconhecendo as diferenças de aproximação e desfrute dessa linguagem – e também as preferências por gênero [12] — pensamos que seria uma linguagem de fácil acesso e que desafiava o binômio aprendizado-diversão colocado como debate nos museus de ciência. Diversas pesquisas vêm defendendo o desenvolvimento de novas habilidades cognitivas nos jogadores assíduos de videogame, mas falta ainda entender melhor como essa linguagem, e o tipo de interatividade que ela propõe, ajuda ao aprendizado de conceitos científicos. Além disso, as pesquisas em museus já têm mostrado que o fato de um aparato, dispositivo ou módulo, seja interativo (no sentido “*hands-on*”) não garante que ele seja “*minds-on*” e, menos ainda — nas palavras de Wagensberg [28] — “*heart-on*”. Como a interatividade dos jogos eletrônicos contribui para o aprendizado é uma pergunta ainda em aberto. Assim, a incorporação de jogos na exposição foi assumida também como uma oportunidade de contribuir com um campo de pesquisa da interação que acontece na exposição com esses objetos. A incorporação desses recursos permite o aprofundamento da pesquisa sobre o aproveitamento dos recursos multimídia em exposições museais [14] o que está sendo ainda avaliado e cujos resultados preliminares apresentamos neste trabalho.

A avaliação dos jogos

Os quatro jogos foram especialmente desenvolvidos para a exposição e seu aspecto se integra ao ambiente de forte apelo visual e tecnológico escolhido para a exposição (tabela 1). Eles utilizam *joysticks* e botões que resultam de fácil manipulação para o público já familiarizado com o uso de jogos eletrônicos domésticos. Na avaliação corretiva realizada nos primeiros meses da exposição detectamos que mais de 85% dos visitantes — dos quais mais de 65% eram escolares de instituições públicas e privadas — eram jogadores assíduos ou regulares. Esse conhecimento prévio foi importante não apenas para mostrar a adequação da proposta escolhida para o público alvo, mas também para poder avaliar os jogos. Problemas ergonômicos e de jogabilidade foram detectados na avaliação corretiva e resolvidos durante o funcionamento efetivo da exposição. Por mera falta de tempo não foi desenvolvida uma avaliação formativa no desenvolvimento dos mesmos, o que teria permitido detectar alguns desses problemas antes da abertura ao público. Esse fato não faz mais do que confirmar a importância dessa prática e a sua consideração desde a fase de planejamento geral.

Como já foi mostrado em outras exposições interativas, os jogos multi-usuários são utilizados por mais tempo que os individuais e, além disso, favorecem as interações sociais [15]. Os jogos da NanoAventura foram desenhados como jogos de equipe — de até 12 pessoas — de caráter colaborativo, que permitem aos usuários ter controle de sua pontuação individual e coletiva. No decorrer da experiência estimula-se a competição entre os distintos grupos apenas como um meio para o melhor desenvolvimento das tarefas, ressaltando sempre que não existem equipes ganhadoras.

As avaliações corretiva e somativa — em andamento— forneceram, entre outros tópicos, informação sobre as vantagens e desvantagens dos jogos desenvolvidos. Os resultados obtidos na fase corretiva nos permitiram introduzir algumas mudanças e melhoras técnicas cuja efetividade ainda estamos avaliando.

Baseados na categorização de jogos de computador desenvolvida por Malone and Lepper [22] e na de exposições motivadoras de Perry [22] criamos as nossa própria categorização para avaliar os jogos:

1. **Desafio:** estímulo para auto-superação
2. **Curiosidade:** geração de perguntas e inquietações sobre o tema
3. **Cooperação:** interações sociais colaborativas entre pares e com monitor
4. **Competição:** estímulo para superar os outros
5. **Jogabilidade:** clareza da proposta e funcionamento do jogo no contexto da exposição
6. **Significação:** temática significativa /próxima da experiência do visitante
7. **Ergonomia:** conforto para desempenhar a tarefa

<p>Nanomedicina</p> <p>Objetivo: em equipe, salvar células doentes com medicamentos revestidos com uma camada de material não tóxico.</p>	<p>Nessa estação, os jogadores têm que preparar e injetar um nanomedicamento em uma célula doente. Cada jogador deve escolher e recobrir o medicamento, antes de lançá-lo no interior da célula. Quem descobrir qual dos medicamentos é o mais eficiente, tem que avisar seus companheiros para poder salvar uma quantidade maior de células.</p>
	
<p>Passeio virtual</p> <p>Objetivo: conhecer os ambientes onde se trabalha com nanociência e nanotecnologia.</p>	<p>Esse é mais propriamente um ambiente exploratório desenvolvido com tecnologia de <i>game</i>, do que um típico videogame. Aqui cada visitante faz parte de uma equipe de cientistas e colabora com tarefas de pesquisa no LNLS, na Unicamp e na sala do conhecimento, um ambiente criado para este jogo.</p>
	


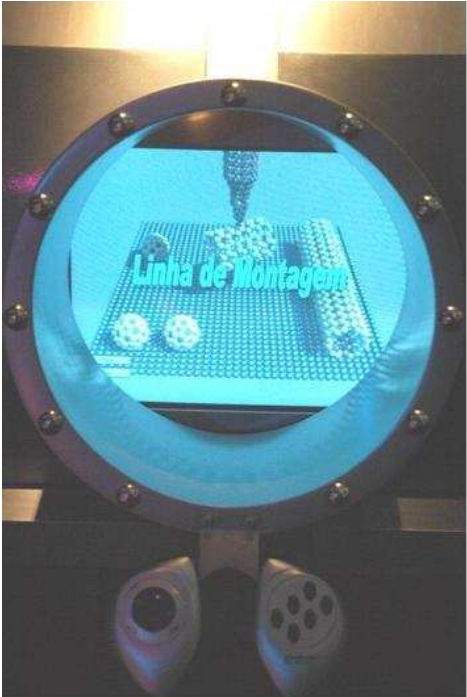


<p>Nanocircuitos Objetivo: simular a montagem de nanocircuitos</p>	<p>Assim como os cientistas usam os microscópios de força atômica ou nanomanipuladores, neste jogo o visitante controla uma das etapas de uma linha de montagem de circuitos com nanocomponentes, como ocorrerá, talvez, no futuro, e assim montar nanocircuitos em equipes de 4 pessoas.</p>
	
<p>Limpeza de superfície Objetivo: tirar as impurezas de uma amostra.</p>	<p>Este jogo simula 12 microscópios de força atômica, cada um controlado por um jogador. Algumas tarefas exigem o trabalho em dupla e outorgam maior pontuação. A tarefa é retirar átomos e fios de átomos indesejados da superfície da amostra.</p>
	

Tabela 1. Descrição dos jogos eletrônicos da NanoAventura, com imagens ilustrativas. Fotos: Nelson Chinaglia (LNLS).

	Nanomedicamentos	Limpeza de superfície	Linha de montagem	Passeio virtual
1. Desafio	alto	alto	alto	alto
2. Curiosidade	alta	alta	alta	alta
3. Cooperação	alta	alta	alta	baixa
4. Competição	alta	alta	média	baixa
5. Jogabilidade	boa	boa	regular	regular
6. Significação	alta	baixa	baixa	média
7. Ergonomia	Regular –altura /som	Regular - som	Regular-som	Regular-

Tabela 2. Avaliação dos jogos da NanoAventura.

Esses critérios foram avaliados na escalas bom/regular/ruim ou alta/média/baixa. Os resultados dessa avaliação (tabela 2) nos permitem visualizar os acertos e os problemas de cada jogo e do conjunto deles. Assim podemos afirmar que os jogos atraem a curiosidade e desafiam aos usuários de modo a manter a atenção no tempo disponível. Em geral, há reclamação que o tempo é curto demais, pois as pessoas querem jogar mais tempo. Tal como destaca Studart [25] diversos autores mostram que o envolvimento com a tarefa, de modo a “perder” a noção do tempo, é um requisito para exposições motivadoras. Curiosidade, desafio e jogabilidade estão intrinsecamente ligados. Assim o passeio virtual apareceu na fase corretiva como um jogo com vários problemas de jogabilidade. A falta de objetivo do jogo e de clareza na definição da tarefa a realizar foi apontada pelos visitantes que rapidamente perdiam o interesse na proposta. Em função também desses resultados, o jogo foi remodelado melhorando a resposta do público que consegue manter a atenção o tempo todo. Porém estamos detectando que ainda subsistem algumas dificuldades na clareza da apresentação da proposta que deverão ser melhoradas na próxima fase.

Vale ressaltar o duplo caráter competitivo e colaborativo dos jogos. A competição é uma característica necessária para que um jogo seja desafiante e a colaboração pretende estimular atitudes de coesão intra-equipe propondo uma tarefa em comum. Essa colaboração apresenta distintos níveis de interação com os pares e na limpeza de superfície, por exemplo, essa colaboração mútua está mais reforçada, gerando um desafio a mais no jogo que o caracteriza. A visualização da pontuação dos jogos estimula a competição com as outras equipes e reforça os laços internos. Um problema comum a todos os jogos foi a explicação inicial e a interferência de sons entre os jogos. Esse problema foi parcialmente solucionado com a utilização de fones de ouvido e uma explicação da dinâmica do jogo reforçada pelos monitores.

Merece destaque também a maior aceitação do jogo de Nanomedicamentos que é o que apresenta melhor desempenho em todas as categorias avaliadas. Destacamos que esse jogo é o único que apresenta uma aplicação da nanotecnologia na área de saúde, temática mais próxima do visitante. Algumas pesquisas [16] têm mostrado que a aceitação das novas tecnologias está ligada a uma resposta afetiva, e não apenas cognitiva, e também que a re-significação dos objetos de uma exposição são fortemente influenciados pelos conhecimentos e interesses prévios [6]. É interessante pensar que, mesmo com prováveis dificuldades para definir a célula, o conceito de medicamento e cura de doença resulta claro e apelativo. Isso nos faz pensar que a nanobiotecnologia poderia ser uma boa porta de entrada de maior apelo para um público diverso.

Comprovamos que o *domínio* da situação [22], em nosso caso da linguagem de jogos, é um pré-requisito para o aproveitamento da exposição. Em adultos que não têm domínio da linguagem observa-se uma inibição da participação na etapa dos jogos, ou mesmo uma participação frustrante, pois o obstáculo está na interação com o equipamento. Nesse caso, a experiência da visita como um todo é afetada. A atitude de se manter afastado na etapa dos jogos foi freqüentemente observada nos professores que acompanham as suas turmas. Coincidentemente, nos questionários respondidos na fase de avaliação corretiva, os que declaram não jogar nunca nenhum tipo de jogo são alguns professores das turmas escolares visitantes. Isso levanta a dúvida sobre o aproveitamento da experiência como um todo por parte de professores e alunos. Por outro lado, em grupos familiares temos observado que essa falta de domínio nos adultos leva a que as crianças expliquem para os pais ou familiares adultos o funcionamento e as



Figura 2. Criança ensinando a um idoso o jogo de montagem de nanocircuitos durante a montagem da NanoAventura no Rio de Janeiro.

regras básicas para mexer no equipamento (figura 2). Essa interação é interessante, pois mostra uma inversão da já reconhecida atitude dos pais em “ensinar” para os filhos no contexto do museu [17].

Algumas conclusões

As avaliações realizadas revelam que o uso de jogos na exposição opera como um fator fundamental de atração e divertimento para o público alvo sendo de difícil acesso para um público não treinado na linguagem. Pensamos que a interação com os jogos ainda oferece a possibilidade de uma análise mais aprofundada para nos aproximar de uma interpretação das suas potencialidades educativas. Porém sabemos que os jogos devem ser analisados no contexto da exposição de da visita como um todo. Nesse sentido temos já alguns resultados que mostram ganhos cognitivos na visitação e que satisfazem algumas das nossas propostas básicas. A aproximação da escala nanométrica e a identificação da nanociência e a nanotecnologia como o estudo e manipulação de matéria nessa escala aparecem em nossas avaliações corretiva e somativa como conceitos incorporados na visita. Vemos também o maior apelo das questões biológicas e de saúde, o que nos leva a pensar que futuras ações poderiam estar focadas nesses tópicos como uma forma de aproximação à temática. Precisamos ainda avançar em nosso estudo para entender melhor quais os ganhos afetivos, mas temos, sim, a experiência de uma resposta entusiasmada e de alguns visitantes que retornaram à NanoAventura com parentes ou amigos.

Na NanoAventura temos visto a importância da proposta museográfica para gerar uma experiência de imersão, o papel central que tem a interação com os outros dentro da exposição — tanto nos jogos como na experiência toda — e, ressaltamos, a influência dos conhecimentos e interesses prévios para o aproveitamento individual da proposta apresentada. A interação desses fatores produz uma experiência, deixa uma lembrança da visita, que poderá ser aproveitada e complementada a médio e longo prazo conforme os estímulos que sejam oferecidos.

Algumas pendências

Existe um debate sobre o tipo de aprendizado que ocorre nos museus baseado em diferentes concepções educativas, nos múltiplos estilos de aprendizagem e nas suas formas de medição e avaliação. Pensar em aprendizagem em espaços não-formais requer desestruturar o termo, quebrar a nossa mais consolidada concepção de aprendizagem que está ligada ao curricular-escolar. Entendemos, como destacado por múltiplos autores [6], que o aprendizado em contexto informal deve ser entendido e analisado por fora desse paradigma. O “aprendizado de livre escolha”, assim denominado por Falk & Dierking [6], dá uma melhor caracterização do que acontece nos museus de ciência interativos. O modelo de aprendizagem contextual desenvolvido por esses pesquisadores se mostra útil para analisar quais as características específicas da uma experiência museal como a da NanoAventura na qual os contextos físico, sociocultural e pessoal se relacionam ao longo do tempo.

Um ponto a ser aprofundado ainda é a relação aprendizado-divertimento. Alguns autores mostram que essa diferenciação é mais uma preocupação dos idealizadores das exposições do que do próprio público visitante. A procura por uma experiência de cunho educativo leva implícita uma agenda que influencia o aproveitamento da experiência. Na NanoAventura ainda precisamos indagar as motivações para a visita no caso de passeios escolares, que são majoritários. Conhecer melhor as expectativas dos visitantes, e no caso dos professores e dos alunos saber se existe uma preparação prévia e/ou um trabalho posterior em sala de aula e/ou a partir dos materiais e recursos complementares providenciados.⁶ Essa área fornece um espaço de pesquisa que permitirá compreender melhor as expectativas e os resultados da visita também a longo prazo.

O aproveitamento do virtual no próprio espaço do museu é também outro aspecto que nos desperta interesse em um novo tipo de relação museal já que como afirma Hawkey ([13] p.4) “*A new set of relationship is emerging, between objects, learners and digital technology, in which museums are, above all, places of exploration and discovery. In the museum of the future, distinctions between real and virtual, already blurred, will matter even less as both museums and learners better understand the process of inquiry and of learning itself.*” Como destacado, os jogos são fonte de pesquisas complementares pois abrem um caminho ainda pouco explorado pelas instituições museais.

Finalmente queremos destacar que uma exposição sobre uma área científica tecnológica emergente na qual o público está formando a sua representação nos parece uma boa oportunidade de trabalhar a relação CTS desde as suas fases iniciais. Em palavras de Einsedel [5] “*The technology is also in its early days. What better time to engage different publics than the present, when technology is in its more flexible form?*”.

Bibliografia

- [1] A. Anderson, A. Stuart, A. Petersen, C. Wilkinson, *The framing of nanotechnologies in the British newspaper press*, *Science Communication*, **27** n.2 (2005) p.200-220.
- [2] Australian Museum. Audience Research Centre, *Exhibition evaluation*. Disponível em: <http://www.amonline.au/amarc/pdf>, Acesso em : 29 nov. 2004.
- [3] C. Batt, A. Waldron, C. Trautmann, *It's a nanoworld: a study of use. Findings from a summative study*, June, 2004. Disponível em: eduinc.org/ItsaNanoWorldSummativeStudy.pdf. Acesso em: 24 abril, 2006.
- [4] M.D. Cobb, *Framing effects on public opinion about nanotechnology*, *Science Communication* **27** n.2 (2005) p.221-239.
- [5] E. Einsedel, *In the public eye: the early landscape of nanotechnology among Canadian and U.S. publics*, *Azojono, Journal of nanotechnology on-line* (2005). Disponível em www.azonano.com/oars.asp, Acesso: 5 junho 2006.
- [6] J. Falk, D. Dierking, *Learning form museums visitors experiences and the making of meaning*. Walnut Creek, CA, Altamira Press (2000).
- [7] S. Macdonald, R. Silverstone, *Science on display: the representation of scientific controversy in museum exhibitions*, *Public Understanding of Science* **1** (1992) p.69-87.
- [8] R. Korn, *Introduction to evaluation: theory and methodology*, In: N. Bery, S. Mayer, (Orgs.) *Museum education: history, theory and practice*, Reston, Virginia: The National Art Association, (1989) p.219-238.
- [9] L. Stephens, *News narratives about NanoS&T in major U.S. and Non-U.S. Newspapers*, *Science Communication*, **27** n.2 (2005) p.175-199.
- [10] G. Leinhardt, and K. Crowley, *Objects of learning, objects of talk: changing minds in museums*. Disponível em kevincrowley.com/leinhardtcrowley.pdf. Acesso em 29 nov. 2004.
- [11] J. Hall, *Telling old stories new ways: using technology to create interactive learning experiences*, Washington: Smithsonian Center for Education and Museum Studies. 2004. Disponível em <http://museumstudies.si.edu/hall.pdf>. Acesso em 25 agosto 2006.
- [12] A. Mc Farlane, A. Sparrowhawk and Y. Heald, *Report on the educational use of games: an exploration by TEEM of the contribution which games can make to the education process*, Teem: Cambridge, 2002. Disponível em www.teem.org.uk. Acesso em 20 agosto 2006.

- [13] R. Hawkey, *Learning with digital Technologies in museums, science centres and galleries*. Futurelab series. Report 9 (2004). Disponível em www.futurelab.org.uk. Acesso em: 15 junho 2006.
- [14] C. Heath, D. vom Lehn, J. Osborne, *Interaction and interactivities: collaboration and participation with computer-based exhibits*, *Public Understanding of Science* **14** (2005) p.91-101.
- [15] J. Kennedy, *User friendly: hands-on exhibits that work*, Washington, D.C., Association of Science Technology Centers. 1990.
- [16] C. Lee, D. Scheufele and B. Lewenstein, *Public attitudes toward emerging technologies*, *Science Communication* **27** n.2 (2005) p.240-267.
- [17] P. McManus, *Is teh company you keep...the social determination of learning behaviour in a Science Museum*, *The Interntional Journal of Museum Management and Curatorship* **6** (1987) p.263-270.
- [18] G. Hein, *Learning in the Museum*. Routledge, London, 1998.
- [19] E. Hooper-Greenhill, *Museum and their visitors*. London: Routledge. 1994.
- [20] T. Moussouri, *A context for the development of learning outcomes in museums, libraries and archives*, (2002). Disponível em http://www.mthe.gov.uk/documents/insplearn_wp20030501.pdf. Acesso em 25 set. 2004.
- [21] S. Murriello, D. Contier, *Relatório de avaliação da NanoAventura*, Junho 2005, Disponível em www.nanoaventura.org.br
- [22] D. Perry, *Designing exhibits that motivate*, In: ASTC. *What research says about learning in science museum?* Washington, D.C., ASTC **2** (1994) p. 25-29.
- [23] C.G. Screven, *Uses of evaluation before, during and after exhibit design*, *ILVS Review* **1** n.2 (1990) p.36- 66.
- [24] J. Stevenson, *The long term impact of interactive exhibits*, *International Journal of Science Education* **13** n.5 (1992).
- [25] D. Studart, *Famílias, exposições interativas e ambientes motivadores em museus: o que dizem as pesquisas?*, In: *Avaliação e estudos de públicos no Museu da Vida*. Rio de Janeiro: Caderno do Museu da Vida, (2003) p.33-42.
- [26] C.A. Vogt. (coord), M. Knobel, R. Almeida, S. Pallone, Y. Castelfranchi, *Percepção Pública da Ciência: uma revisão metodológica e resultados para São Paulo*, In: FAPESP. *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo*, **1** cap 12 (2004), São Paulo: Fapesp, 2005.
- [27] C.A. Vogt, C. Polino, *Percepção pública da ciência: Resultados da pesquisa na Argentina, Brasil, Espanha e Uruguai*. Campinas, SP: Editora da Unicamp, Campinas, 2003.
- [28] J. Wagensberg, *O museu "total", uma ferramenta para a mudança social*, *História, Ciência, Saúde- Manguinhos*, Rio de Janeiro, Brasil, **12** (2005) p.309-321 (Museu e Ciências. Suplemento. Dossier 4 Congresso Mundial de Museus e Centros de Ciência).
- [29] J. Ziman, *Not knowing, needing to know, and wanting to know*, In: B. Lewenstein, (Ed.) *When Science meets the public*. Washington, D.C., American Association for the Advancement of Science (AAAS) 1992.

Notas e referências bibliográficas

¹ O Museu Exploratório de Ciências da UNICAMP começou a ser planejado em 2003 e será oficialmente inaugurado em novembro de 2006. A NanoAventura foi aberta ao público em abril de 2005 na cidade de Campinas, Estado de São Paulo e no seu primeiro ano de funcionamento percorreu as cidades de Rio de Janeiro (RJ), Porto Alegre (RS), São Paulo (SP) e Campinas (SP) atendendo mais de 25.000 pessoas. Foi realizada em parceria com o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) e o Instituto Sangari. Contou com o financiamento da Fundação Vitae, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e o patrocínio e apoio de outros parceiros.

² Na classificação das tecnologias digitais realizada por Hawkey (2004, p.8) e editada por Futurelab (UK) os três primeiros seriam *games*, no entanto o passeio virtual se corresponderia com uma simulação. Aos fins de este artigo chamaremos todos eles de jogos eletrônicos sem distinção.

³ No caso da NanoAventura não foi possível, por falta de tempo, realizar uma **avaliação formativa** que teria fornecido informação útil para mudanças operativas que ficaram adiadas para as fases posteriores.

⁴ Essa exposição de 3.000 m² foi desenvolvida por *The Nanobiotechnology Center*, de *Ithaca, New York Sciencecenter* e a *Painted Universe Inc.*

⁵ Destacamos que os museus on-line merecem outra discussão.

⁶ Ver, como exemplo, o material didático destinado a professores, “NanoAventura na Escola”, disponível em pdf para download em <http://www.nanoaventura.org.br>

Autores

Sandra Murriello, Laboratório de Estudos Avançados em Jornalismo (Labjor), Núcleo de Desenvolvimento da Criatividade (Nudecri), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Post-doctorate researcher. PhD in Sciences (Geosciences education)- UNICAMP, Brazil. Biologist (ecology) - Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Pesquisadora de Pós-Doutorado. Doutorado em Ciências (Educação em geociências) – UNICAMP, Brasil. Bióloga (ecologia) - Universidad Nacional de La Plata, Argentina. E-mail: sdrnano@yahoo.com.br.

Djana Contier, Museu Exploratório de Ciências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Master of science student - Science and Mathematics education - Education Faculty - Universidade de São Paulo (USP). Physicist - Instituto de Física USP, Brazil. Estudante de Mestrado – Educação em Ciências e Matemática – Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo (USP). Graduação em Física – Instituto de Física USP, Brasil. E-mail: djanacontier@ig.com.br.

Marcelo Knobel, Laboratório de Estudos Avançados em Jornalismo (Labjor), Núcleo de Desenvolvimento da Criatividade (Nudecri), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) and Museu Exploratório de Ciências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Associate Professor, Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW), Universidade Estadual de Campinas. PhD in Physics - UNICAMP. Works with science popularization and is the Director of the Science Museum of UNICAMP. Professor associado, Instituto de Física “Gleb Wataghin” (IFGW), Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Doutoramento em Física - UNICAMP. Trabalha no âmbito da popularização do conhecimento científico e é Director do Museu de Ciências - UNICAMP. E-mail: knobel@ifi.unicamp.br.