

Mundos virtuais: uma proposta de teorização sobre a prática das simulações computacionais na arqueologia

Virtual worlds: a theoretical proposal about the practice of computer simulations in archaeology

DIOGO M. COSTA

Bolsista de Pós-Doutorado pela CAPES – UFMG/FAFICH/SOA

Postdoctoral Researcher by CAPES – UFMG/FAFICH/SOA

RESUMO O presente texto tem por objetivo apresentar o possível uso de simulações computacionais na arqueologia por meio da construção e teste de modelos virtuais e da proposta de desenvolvimento de sistemas autônomos de conhecimento. Para tanto, será apresentado o estudo de caso das Lavras do Abade, onde uma maquete eletrônica do sítio arqueológico foi utilizada para análise e interpretação do espaço constituído.

PALAVRAS-CHAVE arqueologia virtual, modelagem eletrônica, simulação computacional, sistemas autônomos de conhecimento.

ABSTRACT This paper aims to present the possible use of computer simulations in archeology by building and testing virtual models and the proposed development of autonomous systems of knowledge.. In this way, I present the Lavras do Abade case study where an electronic model of the site was used to analyze and interpret built space.

KEYWORDS virtual archaeology, electronic model, computer simulation, expert systems.

Simulação Computacional e Arqueologia

Os sistemas sociais são complexos depositários de comportamento humano, e em virtude disto o estudo arqueológico de práticas sociais torna-se um constante exercício de construção e desconstrução do conhecimento histórico e cientificamente adquirido.

Conforme Gilbert¹, o mundo físico é permeado por sistemas lineares relativamente previsíveis, que em contraste com as relações humanas são em grande parte imprevisíveis e sujeitos a uma enorme variedade de resultados. Desta forma, as sociedades humanas são sistemas complexos, e como sistemas complexos não podem ser entendidas como um todo por meio, somente, do estudo de suas partes, como ocorre na maioria das ciências ditas “duras”, como a Física, a Química ou a Biologia. “The behaviour of the society is said to ‘emerge’ from the actions of its units.”² Outro fator relevante na procura pelo entendimento das sociedades humanas é também a sua característica dinâmica; as sociedades humanas estão sempre em constante processo de transformação.

Gilbert e Troitzsch³ expõem que o uso da simulação nas ciências sociais é um campo relativamente novo, e que apesar de já vir sendo empregado desde a década de 1960, o uso de computadores para gerar simulações só se concretizou a partir da década de 1990. Fortemente alicerçadas na teoria da complexidade⁴, as simulações por computador são um tipo de modelagem virtual, ou a simplificação para estudo de algo complexo. Similares aos modelos estatísticos, as simulações computacionais também possuem uma entrada e uma saída de dados, porém diferem no momento que possuem uma “quase” infinidade de variáveis. Entretanto, a principal característica das simulações computacionais é seu poder preditivo, o que pode ser usado em conjunto ou não com o estabelecimento de sistemas autônomos de conhecimento, os chamados *expert systems*⁵.

¹ GILBERT, Nigel. “Agent-based social simulation: dealing with complexity.” Guildford: Centre for Research on Social Simulation – University of Surrey, 2004.

² GILBERT, Nigel. *Op. cit.*, p. 3.

³ GILBERT, Nigel, and Klaus G. TROITZSCH. *Simulation for the Social Scientist*. Second Edition ed. Berkshire: Open University Press, 2005.

⁴ WALDROP, Mitchell M. *Complexity: the Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. New York: Touchstone, 1992. BENTLEY, R.A., and H.D.G. MASCHNER. “Complexity Theory.” In: *Handbook of Archaeological Theories*, edited by RA Bentley, HDG Maschner and C. Chippendale, 245-270: AltaMira Press, 2007.

⁵ BUCHANAN, Fuce G., and Reid G. SMITH. “Fundamentals of Expert Sys-

Computer Simulation and Archaeology

Social systems are complex depositories of human behavior and because of this the archaeological study of social practices becomes an exercise in constant construction and deconstruction of historically and scientifically acquired knowledge. According to Gilbert¹ the physical world is permeated by relatively predictable linear systems, in contrast human relations are largely unpredictable and subject to a variety of results. In this way, human societies are complex systems, and as complex systems they cannot be understood only by the study of their parts, as occurs in the “hard” sciences such as physics, chemistry or biology. “The behaviour of the society is said to ‘emerge’ from the actions of its units”². Another relevant factor in the search to understand human society is its dynamic characteristic human societies are always in a constant process of transformation.

Gilbert e Troitzsch³ state that the use of simulations in social sciences is a new field and that despite already being in use since the 1960’s, the application of computers to generate simulations only materialized in the 1990’s. Strongly rooted in the complexity theory⁴ the computer simulations are a type of virtual modeling that allows the simplification of study of something complex. Similar to statistic models, the computer simulations also have a one input and one output data system; however they differ in the moment in which they have “nearly” infinite of variables. Therefore, the main characteristic of computer simulations are their predictive power, what may be used in combination (or not) with the *expert systems*⁵.

¹ GILBERT, Nigel. “Agent-based social simulation: dealing with complexity.” Guildford: Centre for Research on Social Simulation - University of Surrey, 2004.

² GILBERT, Nigel. *Op. cit.*, p. 03.

³ GILBERT, Nigel, and Klaus G. TROITZSCH. *Simulation for the Social Scientist*. Second Edition ed. Berkshire: Open University Press, 2005.

⁴ WALDROP, Mitchell M. *Complexity: the Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. New York: Touchstone, 1992. BENTLEY, R.A., and H.D.G. MASCHNER. “Complexity Theory.” In *Handbook of Archaeological Theories*, edited by RA Bentley, HDG Maschner and C. Chippendale, 245-270: AltaMira Press, 2007.

⁵ BUCHANAN, Fuce G., and Reid G. SMITH. “Fundamentals of Expert System.” *Ann. Rev. CompUi. Sci.* (1988). GARDIN, Jean-Claude. *Artificial Intelligence and expert systems: cases studies in the knowledge domain of archaeology*. Chichester: Ellis Horwood Limited, 1988.

To Doran⁶ more than twenty years of archaeology demonstrated a huge interest related to the use of computer simulations⁷. However, unlike other social sciences that have advanced a lot in this process, the simulations in archaeology remained stagnant in all but a few works and primary initiatives. One of the arguments used for the abandonment of this practice in archeology was that the complexity of human relations cannot be represented by mathematical models. However this argument ignores the nature of what a computer simulation is, as well as its great capacity for abstraction.

As an example, Doran's own work⁸ on guerrilla movements is a notable demonstration of the contemporary relevance of computer simulations to the social sciences. Another relevant work in the field is from Lansing⁹ on the hydraulic landscapes in Bali, where the author, through the use of computer simulations and historical and cultural data, establishes a close association between the built environment and power relationships on the island. In archaeology, the examples also can be varied, from successful simulations about the extinction of an Anasazi village in the USA¹⁰, to models of the pre-historic collection of nuts on a Scottish island¹¹, and more recently in the use of virtual models in planning of historical archaeological research and

Para Doran⁶, há mais de vinte anos a arqueologia apresentou grande interesse relacionado ao uso de simulação computacional⁷. Porém, diferente de outras ciências sociais que avançaram muito nesse processo, as simulações na arqueologia ficaram estagnadas a poucos trabalhos e iniciativas primárias. Um dos argumentos usados para o abandono desta prática na arqueologia foi o de que a complexidade das relações humanas não pode ser representada por modelos matemáticos. No entanto, este argumento ignora a natureza do que é uma simulação computacional, assim como sua grande capacidade de abstração.

Como exemplo, o próprio trabalho de Doran⁸ sobre movimento de guerrilhas é uma notável demonstração da contemporaneidade e relevância que simulações computacionais podem assumir diante das ciências sociais. Outro trabalho, também relevante na área, é o de Lansing⁹ sobre as paisagens hidráulicas de Bali, onde o autor, pelo uso de simulações computacionais e dados históricos e culturais, estabelece uma relação entre a paisagem construída e as relações de poder na ilha. Na arqueologia, os exemplos também podem ser variados desde os trabalhos de simulação da extinção de uma vila Anasazi dos EUA¹⁰, até modelos pré-históricos de coleta de nozes em uma ilha na Escócia¹¹, e mais recentemente o uso de modelos virtuais para o planejamento de pesquisa arqueológica e estudo de impacto ambiental¹².

⁶ DORAN, J. E. "Prospects for Agent-Based Modelling in Archaeology." *Archeologia e Calcolatori*, 10 (1999): 33-44.

⁷ DORAN, J. E. "Systems theory, computer simulations and archaeology." *World Archaeology* 1 (1970): 289-298. HODDER, I. *Simulation Studies in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1977. SABLOFF, J.A. *Simulations in archaeology*. Albuquerque: University of New Mexico Press, 1981.

⁸ DORAN, J. E. "Iruha: An Agent-Based Model of the Guerrilla War Process." In *ESSA Conference*. Koblenz: Pre-Proceedings, 2005.

⁹ LANSING, J. Stephen. *Priests and Programmers: Technologies of Power in the Engineered Landscape of Bali*. Princeton: Princeton University Press, 1991.

¹⁰ EPSTEIN, Joshua M., and Robert L. AXTELL. *Growing Artificial Societies Social Science from the Bottom Up*. Washington: MIT Press, 1996. AXTELL, Robert L., Joshua M. EPSTEIN, Jeffrey S. DEAND, George J. GUMERMANE, Alan C. SWEDLUNDG, Jason HARBURGERA, Shubha CHAKRAVARTYA, Ross HAMMONDA, Jon PARKERA, and Miles PARKERA. "Population growth and collapse in a multiagent model of the Kayenta Anasazi in Long House Valley." *PNAS* 99 (2002): 7275-7279.

¹¹ COSTOPOULOS, A., and M. W. LAKE. *Simulating Change: Archaeology Into the Twenty-First Century*. Salt Lake City: University of Utah Press, 2010.

tem." *Ann. Rev. CompUi. Sci.* (1988). GARDIN, Jean-Claude. *Artificial Intelligence and expert systems: cases studies in the knowledge domain of archaeology*. Chichester: Ellis Horwood Limited, 1988.

⁶ DORAN, J. E. "Prospects for Agent-Based Modelling in Archaeology." *Archeologia e Calcolatori*, 10 (1999): 33-44.

⁷ DORAN, J. E. "Systems theory, computer simulations and archaeology." *World Archaeology* 1 (1970): 289-298. HODDER, I. *Simulation Studies in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1977. SABLOFF, J.A. *Simulations in archaeology*. Albuquerque: University of New Mexico Press, 1981.

⁸ DORAN, J. E. "Iruha: An Agent-Based Model of the Guerrilla War Process." In *ESSA Conference*. Koblenz: Pre-Proceedings, 2005.

⁹ LANSING, J. Stephen. *Priests and Programmers: Technologies of Power in the Engineered Landscape of Bali*. Princeton: Princeton University Press, 1991.

¹⁰ EPSTEIN, Joshua M., and Robert L. AXTELL. *Growing Artificial Societies Social Science from the Bottom Up*. Washington: MIT Press, 1996. AXTELL, Robert L., Joshua M. EPSTEIN A., Jeffrey S. DEAND, George J. GUMERMANE, Alan C. SWEDLUNDG, Jason HARBURGERA, Shubha CHAKRAVARTYA, Ross HAMMONDA, Jon PARKERA, and Miles PARKERA. "Population growth and collapse in a multiagent model of the Kayenta Anasazi in Long House Valley." *PNAS* 99 (2002): 7275-7279.

¹¹ COSTOPOULOS, A., and M. W. LAKE. *Simulating Change: Archaeology Into the Twenty-First Century*. Salt Lake City: University of Utah Press, 2010.

¹² COSTA, Diogo M. "Archaeo-Environmental Study of the Almas River: Mi-

A arqueologia hoje não é mais a mesma, e independentemente das constantes adequações às demandas atuais da sociedade, o mundo contemporâneo se transforma constantemente e em ritmo cada vez mais acelerado. Desta forma, a utilização dos recursos da informática não só como elemento passivo e complementar de pesquisa, mas também como um elemento atuante e dinâmico nesta relação, é a proposta deste artigo.

A simulação computacional traz a vantagem da formulação de “mundos artificiais”, onde o pesquisador pode exercitar uma variedade enorme de situações e observar suas respostas. Como uma ciência da observação, muitas vezes a arqueologia fica presa aos aspectos tecnológicos do seu objeto de estudo, deixando as particularidades do comportamento humano somente para o campo da especulação. Com a proposta de utilização da simulação computacional no fazer arqueológico, o exercício da experimentação pode tornar-se mais vivo, e conseqüentemente, libertar o pesquisador para um pensamento cada vez mais preditivo em vez de somente regressivo.

A simulação social, como apresentada por Gilbert¹³, estabelece uma terceira via de representação para as relações humanas, massivamente apresentadas em estudos sociais pelo texto e em algumas alternativas por equações matemáticas. A simulação computacional oferece uma oportunidade para o pesquisador testar e avaliar hipóteses, de uma forma a ser repetida também por outros pesquisadores. Entretanto, é claro que limites são estabelecidos na prática destes exercícios que, dependendo dos dados e parâmetros utilizados, podem ou não ser representativos diretos das variáveis encontradas no mundo real.

Na prática, a simulação computacional, além de proporcionar um novo entendimento do mundo real por meio de sua teorização, também é amplamente utilizada no treinamento de diversos profissionais¹⁴. Em um ambiente não-linear as possibilidades de experimentação e aprendizado são inúmeras, e a simulação é um método único e aplicável de entendimento para esse tipo de complexidade. A emergência presente em sistemas complexos é a grande chave no mistério das relações humanas, em que um agente sozinho não é responsável pelas transformações conduzidas em um grupo, mas sim por suas interações.

environmental impact studies¹².

Archaeology today is no longer the same, and independent of the constant adjustments to daily societal demands, the contemporary world changes constantly and at an ever accelerating pace. Thus, the use of information technology resources is not only a passive and complementary element to research, but is an active and dynamic component in this relationship and in the purpose of this article.

The computer simulation has the advantage of formulating “artificial worlds” where the research can exercise an enormous variety of situations and observe their responses. As an observational science, archaeology often becomes trapped in the technical aspects of its objects of study, leaving the particularities of human behavior only to the field of speculation. With the proposed application of the computer simulation in archaeological practice, the exercise of experimentation can become more alive, and consequently, free the researcher to think in a more predictive than regressive manner.

The computer simulation as presented by Gilbert¹³ establishes a third means of representation of human relationships, massively represented in social studies through text, or in some alternatives, by mathematical equations. The simulation offers an opportunity to the researcher to test and evaluate hypotheses in a form that also can be repeated by other researchers. However, it is clear that there are limits in this practice, which according to the parameters and data used they may or may not be direct representatives of variables found in the real world.

In practice, the computer simulations, besides providing a new understanding of the real world through theorization, are also widely used in the training of many professionals¹⁴. In a non-linear environment the possibility of experimentation and learning is numerous, and the simulation is a unique method to understand this type of complexity. The emergence of complex systems is the key to the mystery of human relationships, where one agent alone is not responsible for the transformation carried out in a group, but by the interac-

ning Pollution and the Cerrado Biome in the end of the Nineteenth Century in Mid-Western, Brazil.” *Journal of Archaeological Science* 38, n. 12 (2011b): 3497-3504.

¹³ GILBERT, Nigel. *Op. cit.*

¹⁴ GILBERT, Nigel, and Klaus G. TROITZSCH. *Op. cit.*

¹² COSTA, Diogo M. *Water and War at Pyreneus Mountains: Historical Eco-Archaeology of a Goldmine Village in the end of Nineteenth Century Mid-Western, Brazil*. Dissertation (Ph.D.) - Anthropology, University of Florida, Gainesville, 2010.

¹³ GILBERT, Nigel. *Op. cit.*

¹⁴ GILBERT, Nigel, and Klaus G. TROITZSCH. *Op. cit.*

tions of multiple agents. Working as a metaphor of real world, computer simulations can be explored in different forms by archaeology in general.

Since the 1960s¹⁵ the use of computers has been a reality in archaeology. However, its utilization has always been limited to a more interpretative aspect, and centered in the methodological field. The proposal of a computer simulation in archaeology today is bring the power of formulated abstractions to the theoretical field of experimentation, and not only in the test and corroboration of hypotheses. The result is the construction of a third means of scientific knowledge that escapes the inductive and deductive reductionism of doing science.

Another demonstration of the possibility of current use of computer simulations in archeology today is that various limiters previously identified as responsible for its disqualification are overcome¹⁶. First, the processing capacity of hardware assisted by the development of powerful software has increased exponentially compared to previous decades; second, the pioneering and vanguard characteristics of many simulations in social sciences are today recognized as demonstrating efficacy and legitimacy; and, third, many modern theories give theoretical and explanatory support to computer simulations.

Complexity theory¹⁷ is the study of the emergent properties of interactions between agents. The real world as observed by complexity theory¹⁸ is not constituted by segments, but by the relationships that arise among different elements, independent of each other but simultaneously influential of each other. In this way to say that the systematic study of one part can reveal the whole is a mistake, because only the conjunct of its parts can be representative of relationships that occurs in the whole.

In archaeology complexity theory has been presented since the 1960s in the form of systems theory¹⁹, however even the actual discourse of multivariate causality is only part of its epistemology. Complexity theory evokes unbalanced systems

Trabalhando como uma metáfora do mundo real, as simulações computacionais podem ser exploradas de diferentes formas na arqueologia em geral.

Desde a década de 1960¹⁵, o uso de computadores tem sido uma realidade na arqueologia. Entretanto, sua utilização sempre esteve limitada ao aspecto mais interpretativo, e centrada no campo metodológico. Hoje, a proposta de uma simulação computacional na arqueologia é trazer o poder da abstração de tais formulações para o campo teórico, o da experimentação, e não só no teste e comprovação de hipóteses, resultando na construção de uma terceira via de conhecimento científico que foge dos reducionismos indutivos ou dedutivos de se fazer ciência.

Outra demonstração da possibilidade atual de utilização da simulação computacional na arqueologia é que hoje vários limitadores anteriormente apontados como responsáveis pelo seu impedimento estão superados¹⁶. Primeiro, a capacidade de processamento dos *hardwares* auxiliados pelo desenvolvimento de *softwares*, que teve um aumento exponencial comparado às décadas anteriores; segundo, o caráter pioneiro e vanguardista de várias simulações nas ciências sociais, que hoje é cada vez mais superado demonstrando sua eficácia e legitimidade; e terceiro, que hoje, diversas teorias modernas dão suporte teórico e explicativo para as construções computacionais.

A teoria da complexidade¹⁷ é o estudo sobre as propriedades emergentes de interações entre agentes. O mundo real observado pela teoria da complexidade¹⁸ não é constituído por segmentos, mas sim pelas relações que surgem entre diferentes elementos, independentes entre si, mas ao mesmo tempo influentes uns aos outros. Desta forma, dizer que o estudo sistemático de uma parte pode revelar o todo é um erro, pois somente o conjunto das partes seria representativo das relações que ocorrem no todo.

Na arqueologia, a teoria da complexidade vem sendo apresentada desde a década de 1960 na forma de teoria dos sistemas¹⁹. Porém, mesmo o discurso atual da multivariabilidade causal

¹⁵ CLARKE, D. L. *Analytical Archaeology*. London: Methuen, 1968. CLARKE, D. L. *Models in Archaeology*. London: Methuen, 1972.

¹⁶ DORAN, J. E. *Op. cit.*

¹⁷ WALDROP, Mitchell M. *Op. cit.*

¹⁸ MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. Translated by Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina, 2006.

¹⁹ BINFORD, Sally R., and Lewis BINFORD. *New Perspectives in Archaeology*. Chicago: Aldine Press, 1968.

¹⁵ CLARKE, D. L. *Analytical Archaeology*. London: Methuen, 1968. CLARKE, D. L. *Models in Archaeology*. London: Methuen, 1972.

¹⁶ DORAN, J. E. *Op. cit.*

¹⁷ WALDROP, Mitchell M. *Op. cit.*

¹⁸ MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. Translated by Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina, 2006.

¹⁹ BINFORD, Sally R., and Lewis BINFORD. *New Perspectives in Archaeology*.

é somente parte de sua epistemologia. A teoria da complexidade evoca sistemas em desequilíbrio nos quais as propriedades emergentes são os meios para apreender o todo e não a soma de suas partes. Como exemplo, o “fato social” proposto por Durkheim²⁰ pode ser entendido como uma propriedade emergente na sociedade. Como forma aplicável na arqueologia, o conceito de “Lei de Potência” da teoria da complexidade, amplamente utilizado na física, é outro bom exemplo. Para a “Lei de Potência” a distribuição de um fenômeno pode ocorrer pelo simples acúmulo de um dado elemento por parte de agentes que já possuem grande quantidade do mesmo. Um exemplo clássico é o processo *rich-get-richer* na economia²¹.

Entretanto, nenhuma outra produção da teoria da complexidade é tão usada nas ciências sociais quanto os modelos baseados em agentes, ou ABM – *agent-based model*. Modelos baseados em agentes propiciam aos arqueólogos a criação de “mundos virtuais”, ou modelos de sociedades humanas abertas e em constante desequilíbrio, nos quais podem ser testadas as mais diferentes teorias, desde abordagens normativas do histórico culturalismo, modelos hipotético-dedutivos do processualismo, múltiplas narrativas do pós-processualismo, ou até mesmo abordagens ecológicas, de gênero e sobre agência²². Modelos baseados em agentes trabalham por meio de sucessivas etapas de ações, em que as interações entre os agentes ocorrem conforme sua informação original provocando mudanças no seu ambiente, que por sua vez retroalimentam o sistema. Apesar de parecer um *loop* sem fim, este processo, na verdade, faz emergir as propriedades entre relações, que estabelecem a dinâmica de ação de um sistema complexo.

Gilbert²³ afirma que modelos de agentes múltiplos, uma variante dos ABMs, são a melhor alternativa para a construção de simulações sociais em computadores. Modelos de agentes múltiplos são uma coleção de *software* que interagem em um ambiente artificial, no qual cada agente é programado para seguir determinados parâmetros de ação conforme os dados inseridos,

where the emergent properties are the means to grasp the whole rather than the sum of its parts; an example is the “social fact” proposed by Durkheim²⁰ that can be understood as an emergent property in society. An applicable element in archaeology is the concept of “Power Law” from the complexity theory, also largely utilized in physics, is another good example. For the “Power Law” the distribution of one phenomenon may occur by the simple accumulation of one given element by agents that already have a great quantity of the same; a classic example is the *rich-get-richer* process in the economy²¹.

However, no other product of complexity theory is so used in social sciences as the *agent-based model*, or ABM. Agent-based models provide archaeologists with the creation of “virtual worlds” or models of human societies, open in constant disequilibrium, in which may be tested many different theories that differ from normative approaches of the historical-culturalism, hypothetic-deductive models of processualism, or multiple narratives of the pos-processualism, or even ecological, gender or class views²². Agent-based models work through successive stages of action, where the interactions among agents occur according to primary information generating changes in their environment, which in turn are fed back into the system with new information. Appearing as an endless loop, this process actually brings out the relationship between proprieties and establishes the dynamic of action in a complex system.

Gilbert²³ affirms that multiple-agent models, one variant of ABM’s, are the best alternative to construction of social simulations in computers. Multiple-agent models are a software collection that interacts in an artificial environment, where each agent is programmed to follow determined parameters of action according to an input data, and where variations may be observed. In this case, the multiple-agent models can be used to project hypothetic situations from factual data or not, as well as to evaluate actual situations through comparison of the results. However, these models, as

Chicago: Aldine Press, 1968.

²⁰ DURKHEIM, Émile. *As Regras do Método Sociológico*. São Paulo: Martin Claret, 2008, pp. 31-40.

²¹ BUCHANAN, Mark. *The Social Atom: Why the Rich Get Richer, Cheaters Get Caught, and Your Neighbor Usually Looks Like You*. New York: Bloomsbury Publishing PLC, 2007.

²² BENTLEY, R.A., and H.D.G. MASCHNER. *Op. cit.*

²³ GILBERT, Nigel. *Op. cit.*

²⁰ DURKHEIM, Émile. *As Regras do Método Sociológico*. São Paulo: Martin Claret, 2008, pp. 31-40.

²¹ BUCHANAN, Mark. *The Social Atom: Why the Rich Get Richer, Cheaters Get Caught, and Your Neighbor Usually Looks Like You*. New York: Bloomsbury Publishing PLC, 2007.

²² BENTLEY, R.A., and H.D.G. MASCHNER. *Op. cit.*

²³ GILBERT, Nigel. *Op. cit.*

all other models of simulations, are subject to two complications: the first is the random character of simulations, where the initial parameters will always interfere in the predicted variables; and second is its tendency to repetition, where similar results not always mean identical processes.

Gilbert²⁴ also establishes some guidelines for the creation of agent-based models, namely: abstract (x) descriptive; artificial (x) real; positivist (x) normative; spatial (x) network; or complex (x) simple. Without going into detail about each of these multiple-agent models, what can be broadly observed is firstly the necessity of a good research design prior to execution of the project. Following, the author suggests to start with a simpler model and slowly introduce variables to observe reactions. The model is presented as a construction filled with objects, which can be divided into dynamic and static having a hierarchy between them and each one with its own attributes. Attributes are the characteristics of each object, and its function is similar to the variables in a mathematical equation. The next step is the formation of an environment where the objects can interact in a spatial or relational form. Finally this establishes the dynamics of the model, first between the objects and the environment, and then among objects, each one creating a set of rules of action and reaction.

According to Bentley and Maschner²⁵ agent-based models seems to be revolutionary in the social sciences because: the old rules of equilibrium, normality and linearity are not required; they demonstrate the phenomenon of emergence; and in contrast with mathematical approaches are a much more natural representation of social systems because they simulate the actions of its agents. Moreover, computer simulation in anthropology is not widely accepted, on one hand because the resistance to change in general, and in another because the ingenuity of the proposals. However, as Bentley and Maschner, Dyke²⁶ point out, there are also three uses of computer simulation in anthropology: as generator of “artificial” data that can serve to compare or supplement actual hard data, and always incomplete, collected data; in ad-

e tendo suas variações observadas. Neste caso os modelos de agentes múltiplos podem ser utilizados tanto para projetar situações hipotéticas baseadas em dados reais ou não, quanto para avaliar situações concretas por meio da comparação dos resultados. Entretanto, estes modelos, como qualquer outro modelo de simulação computacional, estão sujeitos a duas complicações: a primeira é o caráter randômico das simulações, cujos parâmetros iniciais sempre vão interferir nas variáveis preditas; a segunda é sua tendência à repetição, cujos resultados similares nem sempre querem dizer processos idênticos.

Gilbert²⁴ também estabelece algumas diretrizes para a criação de modelos baseados em agentes múltiplos, sendo eles: abstrato (x) descritivo; artificial (x) realista, positivo (x) normativo, espacial (x) rede, ou complexo (x) simples. Sem entrar em detalhes sobre cada um destes modelos de agentes múltiplos, o que pode ser amplamente observado é, primeiramente, a necessidade de um bom planejamento de pesquisa anterior à execução do projeto. Em seguida, o autor sugere começar com um modelo mais simples e ir introduzindo, aos poucos, variáveis para observar as reações. O modelo é exposto como uma construção repleta de objetos, que podem ser divididos em dinâmicos e estáticos, possuindo uma hierarquia entre eles e cada um seus atributos. Atributos são as características do objeto; sua função é similar às variáveis em uma equação matemática. O passo seguinte é a constituição do ambiente onde os objetos vão interagir; este pode ser tanto espacial como relacional. Por fim, são estabelecidas as dinâmicas do modelo, primeiramente entre objetos e ambiente; e depois, entre objetos, cada uma destas criando um conjunto de regras de ação e reação.

Conforme Bentley e Maschner²⁵, modelos baseados em agentes parecem ser uma revolução nas ciências sociais, pois: não necessitam das velhas regras de equilíbrio, normalidade e linearidade; demonstram os fenômenos de emergência; e comparados às abordagens matemáticas, são muito mais naturais na representação de sistemas sociais porque simulam as ações dos seus agentes. Por outro lado, na antropologia a simulação computacional ainda não teve um grande aceite; de um lado, em virtude da resistência às mudanças de um modo geral; e de outro, pela ingenuidade das propostas. Entretanto, assim como Bentley e Maschner, Dyke²⁶

²⁴ GILBERT, Nigel. *Op. cit.*

²⁵ BENTLEY, R.A., and H.D.G. MASCHNER. *Op. cit.*

²⁶ DYKE, Bennett. “Computer Simulation in Anthropology.” *Annual Review of Anthropology* 10 (1981): 193-207.

²⁴ GILBERT, Nigel. *Op. cit.*

²⁵ BENTLEY, R.A., and H.D.G. MASCHNER. *Op. cit.*

²⁶ DYKE, Bennett. “Computer Simulation in Anthropology.” *Annual Review of*

também aponta três usos para as simulações computacionais na antropologia: primeiro, como gerador de dados “artificiais” que podem servir para comparar ou mesmo completar os dados reais, e sempre parciais, coletados; em complemento aos modelos analíticos, que separadamente oferecem respostas, mas que não trabalham em conjunto; ou mesmo em substituição aos modelos analíticos quando estes não existirem.

Todavia, a principal utilização das simulações computacionais para a arqueologia ocorre não com os resultados obtidos, mas sim com a depuração do processo. Nesse caso as simulações computacionais podem ser entendidas como sistemas autônomos de conhecimento ou *expert systems*, que propiciam um instrumento na prática arqueológica para a construção de um suporte artificial para o processo de interpretação de dados. Conforme Gardin²⁷, os sistemas autônomos de conhecimento são representados por dois tipos distintos de processo: a base de conhecimento, onde os fatos e regras de inferência sobre um determinado domínio são combinados; e o motor de inferência, o qual permite ao computador usar todo tipo de base de conhecimento para produzir e reproduzir construções inteligentes sobre certos domínios. Como base de conhecimento, porém, temos outros dois tipos: o conhecimento factual, que é o dado observado em certo domínio, coletado com precisão científica e intenção técnica; e o conhecimento operacional, construído por regras de inferência, algumas aplicadas somente ao próprio domínio e outras de abordagem mais ampla.

As simulações computacionais na arqueologia podem, então, servir como parte desta base de conhecimento a ser formada para a criação de sistemas autônomos de conhecimento. No caso do conhecimento factual, as simulações computacionais podem ser usadas como coleções de dados cientificamente coletados sobre um determinado sítio ou fato, onde a aplicabilidade das variáveis é garantida pela possibilidade de simulação das ações. Por outro lado, como conhecimento operacional, as simulações computacionais também podem servir para o exercício de novas ações de inferência, as quais, em combinação com o conhecimento factual, produzem novas construções científicas. Em ambos os casos as simulações computacionais permitem a aplicação de variáveis para fatos ou sítios arqueológicos “estáticos”, para

adition to complementing analytical models, which individually offers answers, but that do not work together; or even to generate analytical models when they do not exist.

Nevertheless, the main use of computer simulations in archaeology is not to obtain results but to debug the analytical process. In this way, the computer simulations can be understood as autonomous systems of knowledge or *expert systems*, which provide a tool in archeological practice for the construction of an artificial support to process of data interpretation. According to Gardin²⁷ the expert systems are represented by two distinct types of process: a knowledge base, where the facts and inference rules about a determined subject are combined; and the inference engine which permits to the computer use the knowledge base to produce and reproduce intelligent constructions about particular domains. As a knowledge base, there are two types: the factual knowledge that is the observed data related to a given topic, collected with scientific precision and technical intent; and the operational knowledge constructed by inference rules, some applied only to the proper object of study while others have a broader approach.

Computer simulations in archaeology can then act as a part of this knowledge base formation and the creation of expert systems in archaeology. In the case of factual knowledge the computer simulations can be used as collections of scientific data about a determined site or fact, where the applicability of variables is guaranteed through the possibility recreating given actions. Moreover, as an operational knowledge the computer simulations can also serve to exercise of new actions of inference, where, in combination with the factual knowledge, it can produce new scientific constructs. In both cases the computer simulations allowed the application of variables to the facts or “static” archaeological sites, for their validation and debugging. Indeed, the computer simulations constituted a true expert system of knowledge that can be applied in different situations to help the researcher to elucidate problems or present new alternatives without re-conducting the research (which in the case of archaeology is *still* an impossible task).

Anthropology 10 (1981): 193-207.

²⁷ GARDIN, Jean-Claude. *Artificial Intelligence and expert systems: cases studies in the knowledge domain of archaeology*. Chichester: Ellis Horwood Limited, 1988.

²⁷ GARDIN, Jean-Claude. *Artificial Intelligence and expert systems: cases studies in the knowledge domain of archaeology*. Chichester: Ellis Horwood Limited, 1988.

The Virtual Site of Lavras do Abade

A virtual model of the historical archaeological site Lavras do Abade has been under construction since 2005. The following section is a breakdown of this work, as well as a demonstration of possibilities and ways of thinking and acting on virtual models in archaeology. Advanced planning of field activities is a fundamental step in any archaeological research, but what is intended here is not only the present stage of this investigation, but also the recreation of the object of study in a controlled environment and susceptible to interactions and the researcher.

The Lavras do Abade form a historical archaeological site consisting of the remains of a goldmine from the end of nineteenth century in the state of Goiás, Brazil. Having operated from 1880 to 1887, the mine and its village were destroyed in an attack by local villagers spurred by water pollution and by politic and economic disagreements²⁸. Today in the Pireneus Mountains approximately 125 Km from Brasília in the municipality of Pirenópolis lie the vestiges of a mining village that are the object of this study. The virtual model was constructed with a combination of digital, environmental, geographic and historical data founded in historical documents and photographs from public and private archives about the events of Lavras do Abade.

Following the methodological principle of Prince and Deetz's²⁹, historical photographs of the site dating from 1883 were used in an attempt to locate and identify the remains of structures at the archaeological site. Unfortunately the result was not satisfactory, because the excessive vegetation did not allow the correct overlay of the images in the site, due in part to the distortion present in the old pictures and the condition of the landscape that was totally devastated at that time.

A step forward was made when in combination with the data provided by the digitalization of the remaining structures it was possible to construct a computer model of the site. The digitalization

sua depuração e validação. Assim, tais simulações se constituem em um verdadeiro sistema autônomo de conhecimento, podendo ser aplicadas nas mais variadas situações ajudando a elucidar problemas ou mesmo apresentando novas alternativas para o pesquisador, sem que ele precise refazer a pesquisa (o que no caso da arqueologia é uma tarefa *ainda* impossível).

O Sítio Virtual das Lavras do Abade

Desde 2005, vem sendo construído um modelo virtual do sítio arqueológico histórico Lavras do Abade. A seção a seguir é um detalhamento de todo este trabalho, assim como uma demonstração de possibilidades de pensamento e formas de ação sobre e com modelos virtuais na arqueologia. O planejamento prévio das atividades de campo é um passo fundamental em qualquer pesquisa arqueológica, porém o que se pretende apresentar aqui não é somente esta etapa da investigação, mas sim a recriação do objeto de estudo em um ambiente controlado e passível de interações para e com o pesquisador.

As Lavras do Abade formam um sítio arqueológico histórico composto pelos remanescentes de uma mineração de ouro do final do século 19 no interior de Goiás – Brasil. Tendo operado de 1880 a 1887, a mina e sua vila foram destruídas em um ataque conduzido pelos arraiais vizinhos devido à poluição da água e a conflitos políticos e econômicos²⁸. Hoje, na Serra dos Pireneus a aproximadamente 125 quilômetros de Brasília no município de Pirenópolis, encontram-se os vestígios da antiga vila de mineradores que são o objeto deste estudo. O modelo virtual foi construído com a combinação de dados digitais, ambientais, geográficos e históricos encontrados e em documentos e fotografias pesquisados em arquivos públicos e particulares sobre o evento das Lavras do Abade.

Seguindo o princípio metodológico de Prince and Deetz²⁹, fotografias históricas do sítio em 1883 foram utilizadas primeiramente para uma tentativa de localização e identificação das estruturas remanescentes no sítio arqueológico. Infelizmente, o resultado não foi satisfatório, pois a excessiva vegetação não permitiu a correta sobreposição de imagens no sítio, devido em

²⁸ COSTA, Diogo M. *Water and War at Pyreneus Mountains: Historical Eco-Archaeology of Lavras do Abade*. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2011a.

²⁹ MCGUIRE, Randall H., and Paul RECKNER. "Building a working class archaeology: the Colorado coal field war project." *Industrial Archaeology Review* XXV, n. 2 (2003): 83-95.

²⁸ COSTA, Diogo M. *Water and War at Pyreneus Mountains: Historical Eco-Archaeology of Lavras do Abade*. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2011.

²⁹ MCGUIRE, Randall H., and Paul RECKNER. "Building a working class archaeology: the Colorado coal field war project." *Industrial Archaeology Review* XXV, n. 2 (2003): 83-95.

parte, pela distorção presente nas fotografias da época e à condição da paisagem totalmente devastada na época [Figs. 1 a 8].

Um passo adiante foi dado quando, em combinação com os dados fornecidos pela digitalização das estruturas remanescentes, foi construída uma maquete eletrônica do sítio. A digitalização das estruturas do sítio ocorreu em 2005, quando, na conclusão de minha pesquisa de mestrado e preparação para o projeto de doutorado, foi utilizado no sítio um *scanner* 3D que produziu uma cópia virtual dos vestígios em cota positiva. Durante uma semana, no mês de junho do referido ano, foi realizado no sítio arqueológico das Lavras do Abade o escaneamento de estruturas construtivas com o uso de medição a *laser*.

Conforme relatório apresentado pelo engenheiro e sua equipe³⁰, foi utilizado para o escaneamento um Laser Scanner Trimble/Mensi 3D GS200. O GS200 tem uma resolução de até 32 μ rad, ou seja, capta um ponto de 3mm até 100m de distância com uma precisão de 1,5mm @ 50m, sua velocidade de captura chega a 5000 pts/s e utiliza um *laser* Classe 3R (IEC 60825-1) e também um Classe 2 (21 CFR §1041.10). Para o geoposicionamento do aparelho foi utilizado também um receptor Z-Max de dupla frequência com precisão 5mm + 0,5 ppm e um receptor Promark2 de uma frequência com precisão 5mm + 1 ppm. Após o escaneamento, foi realizada também a consolidação da nuvem de pontos no local para verificar a acurácia do levantamento, constatando que estava completo.

O *scanner* 3D é um equipamento que coleta a informação de um objeto qualquer em três dimensões pela aplicação de um *laser* para medir a distância entre este e o objeto a ser medido. Com o auxílio da fotografia digital também é possível ao *software* que acompanha o equipamento incluir textura e cor à forma digitalizada do objeto capturado. A digitalização das estruturas no sítio ocorreu com o posicionamento do equipamento em vários locais no entorno imediato das estruturas. Em cada local foram medidas em cotas X, Y e Z, e mais de 20 milhões de pontos com menos de 1,5mm de diâmetro cada foram capturados. Cada local de posicionamento do equipamento foi também georreferenciado para a criação de um plano topográfico. Como resultado, foi gerado um arquivo em nuvem de pontos, com a réplica exata e em escala das estruturas escaneadas no sítio.

³⁰ SOBRINHO, Jalmiro R. "Relatório – VLS 0004." São Paulo: Alezi Teodolini – Hezolinem, 2005.

of the structures occurred in 2005, when a 3D scanner that produced a virtual copy of the vestiges above soil was used in the conclusion of my masters' research and preparation of my doctorate project. During a week in the month of June of the same year scanning of building structures with use of laser measurement was conducted at the archaeological site of Lavras do Abade.

According to report presented by the engineer and his team³⁰ a Laser Scanner Trimble/Mensi 3D GS200 was used. The GS200 has a resolution of 32 μ rad, in other words, the apparatus captures a point of 03 mm away up to 100m of distance with a precision of 1.5mm @ 50m, its capture rate reaches 5000 pts/ usings a laser Class 3R (IEC 60825-1) and also a Class 2 (21 CFR §1041.10). Geo-referencing of the device was accomplished by use of a Z-Max receptor of dual frequency with precision of 05 mm + 0.5 ppm and a single frequency Promark2 receiver with precision of 05 mm + 01 ppm. After scanning was performed a consolidation of points cloud was made to verify the accuracy of the survey.

The 3D scanner is a device that collects information from any object in three dimensions through application of a laser to measure the distance between it and the object to be measured. With the assistance of digital photography is also possible for the software that accompanies the scanner to add texture and color to the shape of the captured object. The digitalization of the structures in the site occurred with the placement of the equipment in the immediate surrounding areas of the structures. At each capture site X, Y and Z coordinates of more than 20 million dots with less than 1.5mm of diameter each. Each location of the scanner was also geo-referenced for creation of a topographic surface. This process resulted in the generation of a point cloud file with the exact replica and scale of the scanned structures within the site.

After scanning the structures a modeling stage was performed. In this stage the scanned parts, after debugging, were combined from many smaller files, the size of each one almost 30MB. The modeling process was conducted in RealWorks Survey 5.0 software and the models were saved in native formats of GS200 .RWP and .RWI, as well

³⁰ SOBRINHO, Jalmiro R. "Relatório - VLS 0004." São Paulo: Alezi Teodolini – Hezolinem, 2005.

as exported in the extension .DGN and .DWG. The models of the structures have a scale of 1:1, and therefore were used as primary source of information for the second stage of construction of the mathematical model of the Lavras do Abade site.

A broader virtual model of the site was built using Google SketchUp Pro Version 6.4.112 software. A 3D model of the Lavras do Abade village, including the remaining building structures of the site with the information obtained through the scanning of the walls, as well as the structures present in the photographic documents about the village was constructed with this software. In order to utilize the photographs from 1883 photo-correction in Adobe Photoshop CS8 software was performed, in addition to photo-ratification of perspective and lens distortion, and the resolution and scale of the images. One of the objectives of this photometric work was provide the extraction of three-dimensional measurements for the creation of a two-dimensional computer model.

The creation of Lavras do Abade virtual model provides a visualization of the study object, as well as interpretations of animations and the formulation of possibilities for further study. The virtual model was also used to plan the archaeological investigations that were conducted at the site during field work campaigns of 2007, 2008 and 2009. Reliefs that include the natural terrain and other landscape modifications such as roads and ore extraction area were developed through the measurement and placement of the model structures with the observation of anthropized space a possible pattern of waste deposition belonging to occupants of the site, as well as materials related to the conflict were identified. In addition, the study of sedimentary rock matrix found at the site in 2007 also provided valuable information about the thickness and composition of the deposits. Based on these data, virtual sketches of material density and location assisted in planning field investigations.

The archaeological interventions of 2008 aimed to validate patterns predicted for archaeological mining sites and sites of conflict. However, these investigations were also used as feedback to the constructed virtual model of the site. In this way, besides the digital photography of each archaeological layer and level, were also collected using a laser level Inventek V21384 with error of $\pm 4^\circ$ that generates two vertical planes and one horizontal

Após a digitalização das estruturas, foi realizada uma etapa de modelagem. Nesta etapa as partes escaneadas após depuração e combinação tiveram que ser divididas em vários arquivos devido ao tamanho de cada um, em torno de 30MB cada. A modelagem foi realizada no *software* RealWorks Survey 5.0 e os modelos foram tanto salvos em formatos nativos do GS200 .RWP e .RWI, como também exportados nas extensões .DGN e .DWG. Os modelos das estruturas possuem uma escala de 1:1 e, portanto, foram utilizados como fonte de informação primária para a segunda etapa de construção do modelo matemático do sítio das Lavras do Abade [Fig. 9].

O modelo virtual mais amplo confeccionado do sítio utilizou o *software* Google SketchUp Pro Version 6.4.112. Com este *software* foi construído um modelo 3D da vila das Lavras do Abade, incluindo primeiramente tanto as estruturas edificadas remanescentes do sítio com informações obtidas por meio do escaneamento das paredes, quanto as presentes nos documentos fotográficos sobre a vila. Para a utilização das fotos de 1883 também foi realizado anteriormente um trabalho de fotocorreção com *software* Adobe Photoshop CS8, sendo trabalhada além da fotorretificação de perspectiva e distorção de lente das imagens, também a resolução e escala das imagens. Um dos objetivos deste trabalho de fotometria foi possibilitar a extração de medidas tridimensionais de dados bidimensionais para confecção do modelo eletrônico [Fig. 10].

A criação do modelo virtual da vila das Lavras do Abade propiciou tanto a visualização do objeto de estudo, como a animação de interpretações, e também a formulação de possibilidades de estudo. O modelo virtual foi então utilizado para o planejamento das intervenções arqueológicas realizadas no sítio durante as campanhas de 2007, 2008 e 2009. Pela medição e posicionamento das estruturas edificadas foram também incluídos os relevos naturais do terreno e outras modificações na paisagem, como estradas e a área de extração do minério. Com a observação do espaço antropizado foi então projetado um possível padrão de deposição dos refugos pertencentes aos ocupantes do sítio, bem como para os vestígios referentes ao conflito ocorrido. Além disso, o estudo do pacote sedimentar e da matriz rochosa do sítio em 2007 também propiciou informações sobre a espessura e composição dos depósitos. Com base nestes dados foi virtualizado um croqui de densidade material e planejada a localização das intervenções executadas.

As intervenções arqueológicas de 2008 tiveram por objetivo validar ou não os padrões preditos para sítios arqueológicos de mineração, urbano e conflito. Entretanto, estas intervenções também foram utilizadas para retroalimentar o modelo virtual construído do sítio. Desta forma, além de fotografias digitais de cada camada e nível arqueológico, as medidas das intervenções também foram coletadas com o uso de um nível a *laser* Inventek V21384 com erro de $\pm 4^\circ$ e dois planos a *laser*; um vertical e outro horizontal, para nivelamento e estabelecimento de medidas; assim como uma trena a *laser* Stanley FatMax TLM100 77-910, com acurácia de $\pm 6\text{mm}$ a 30m, alcance de 0,6m - 30m e um *laser* de 650 nm, Class IIIA para registro das medições. Em alguns casos foi necessário o uso de óculos especiais para a visualização dos *lasers* em condições de iluminação natural no campo.

Com os dados coletados em campo durante as campanhas de 2007 e 2008, foi incluído no modelo eletrônico uma virtualização do pacote arqueológico subsuperficial presente no sítio. Em 2009, foi realizada uma coleta de solo para análise química do sítio e arredores, etapa que foi também previamente planejada e testada no modelo virtual. Estes ensaios mostraram-se muito positivos sobre as possibilidades de aplicação de modelos virtuais na pesquisa arqueológica, pois além de funcionar como espaço de tentativa e erro tanto para perspectivas teóricas quanto ações práticas em sítios arqueológicos, o modelo virtual também serviu como repositório de toda a pesquisa conduzida, sendo, portanto, uma forma eficaz de utilização e revisão dos dados coletados.

A interação entre a prática em campo e o planejamento em gabinete forma as marcas fundamentais desta pesquisa arqueológica. O modelo virtual das Lavras do Abade, além de ilustrar e animar os trabalhos de exploração do sítio arqueológico, também foi responsável pelo registro integral das atividades desenvolvidas. Com a reprodução digital do sítio uma importante e nova etapa de estudo e preservação do patrimônio arqueológico foi alcançada: o ensaio da pesquisa. Relegada até então como uma etapa posterior à coleta de dados na arqueologia, a prática laboratorial ou aqui entendida também como experimentação e não só identificação, análise e interpretação de vestígios, alcança outro *status*.

O laboratório de um sítio arqueológico passa a ser também um campo teórico, onde a práxis é estabelecida pela junção entre o real e o virtual. Desta forma os dados coletados no sítio não são somente o resultado final de uma pesquisa arqueológica, mas também a base para a criação de uma teoria própria a partir dos

leveling plane. A Stanley FatMax TLM100 77-910, laser tape measure with accuracy of $\pm 6\text{mm}$ up to 30m, reach of 0.6m up to 30m with a laser of 650 nm, Class IIIA, was used to record the measurements. In some cases it was necessary to use special glasses for viewing lasers on the natural lighting conditions of the features.

The field collected data during the campaigns of 2007 and 2008 was included in the electronic model of the virtualization of the sub-superficial archaeological package present in the site. In 2009 a soil collection and chemical analyses of soil from around the site was planned, conducted, and tested in the virtual model³¹. These tests were very positives about the possibilities of application of virtual models in archeological research, as well functioning as a working space for trial and error for both theoretical perspectives and practical actions in archaeological sites. The model also served is a virtual repository of all research conducted, and has therefor been an effective way to store, use and review the collected data. .

The intersection between field work and the planning office form the fundamental marks of archaeological research. The virtual model of Lavras do Abade besides illustrating and animating work of exploring the archaeological site, also served to record the full suite of research activities and data collection activities. As a digital reproduction of the site an important and new stage study in the preservation of archaeological patrimony was reached: the test of research. Hitherto relegated to a later stage of data collection in archaeology, laboratory practice here also may be understood as experimentation and not only identification, analysis and interpretation of the vestiges, and therefore attains another status.

The laboratory of an archaeological site is now also a theoretical field, where the praxis is established by the junction between the real and the virtual. In this way, the data collected at a site are not only the final result of an archaeological investigation, but also the basis for the creation of a theory from the data itself. A step forward will be realized with the integration of existing data

³¹ COSTA, Diogo M. "Archeo-Environmental Study of the Almas River: Mining Pollution and the Cerrado Biome in the end of the Nineteenth Century in Mid-Western, Brazil." *Journal of Archaeological Science* 38, n. 12 (2011b): 3497-3504.

with specific software and computer simulations and comparing the obtained results with new archaeological investigations proposed for the site, feeding back in a continuous manner to form a truly expert system of knowledge about the Lavras do Abade archaeological site.

Acknowledges

This text is part of a Postdoctoral project funded by CAPES at UFMG under the supervision of Professor Andrés Zarankin, I appreciate his confidence and support. I am also grateful to Angelina Howell for reviewing the English translation, many thanks.

dados. Um passo adiante será realizado com a inserção dos dados existentes em *softwares* específicos de simulação computacional e a comparação dos resultados obtidos com novas investigações arqueológicas propostas para o local, retroalimentando de forma contínua um verdadeiro sistema autônomo de conhecimento para e sobre o sítio arqueológico das Lavras do Abade.

1



2



3



1 Administração (Philermon, 1883)

2 Refeitório (Philermon, 1883)

3 Casa dos Tropeiros (Philermon, 1883)



4



5



6

4 Serraria (Philermon, 1883)

5 Ferrara (Philermon, 1883)

6 Loja (Philermon, 1883)

7

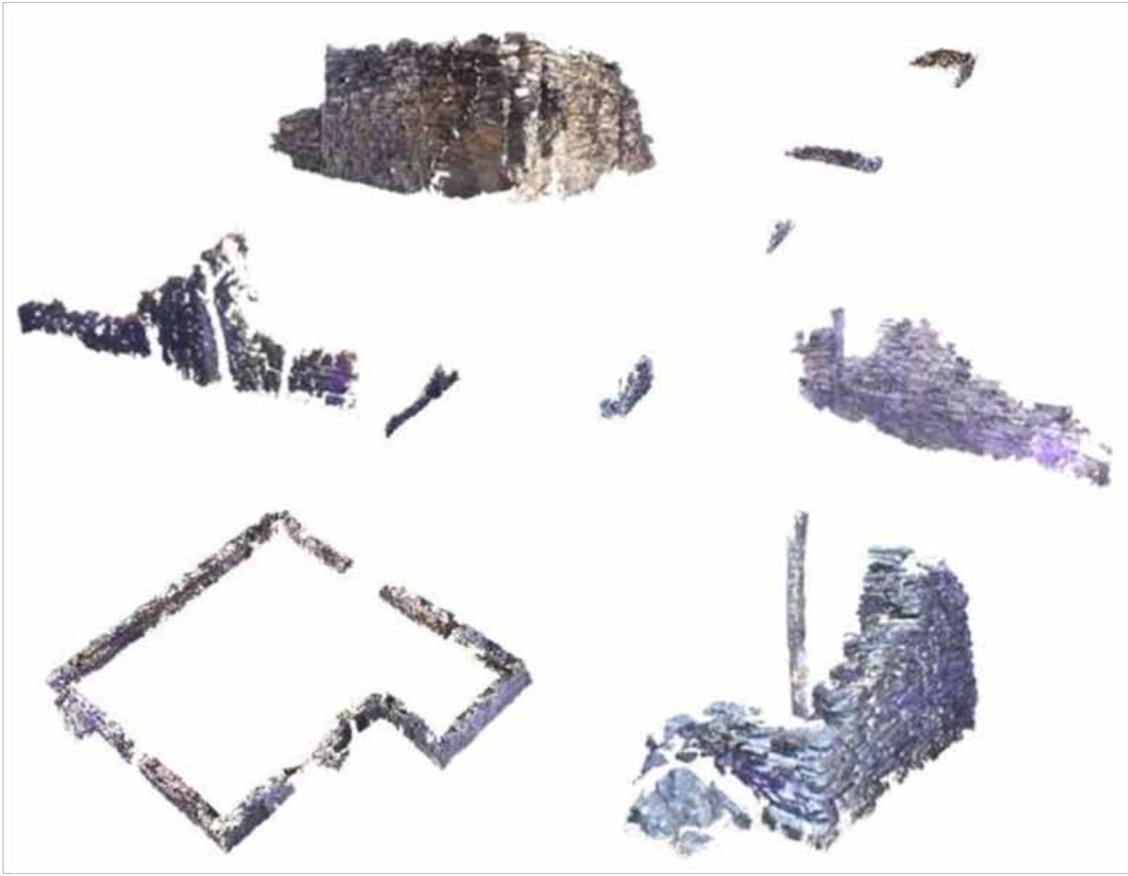


8

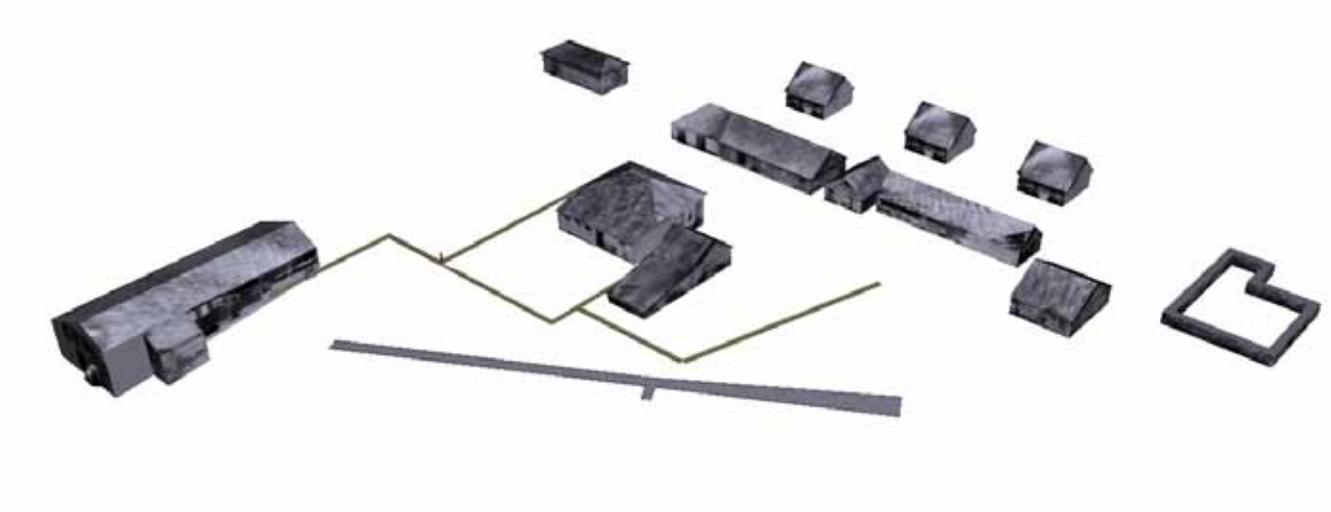


7 Casa dos Mineiros (Philermon, 1883)

8 Vila do Abade (Philermon, 1883)



9



10

9 Nuvem de Pontos

10 Modelo Abade